ACADÉMIE DES SCIENCES.

ACADÉMIE DES SCIENCES.

SÉANCE DU LUNDI 25 MAI 1908.

PRÉSIDENCE DE M. H. BECQUEREL.

MÉMOIRES ET COMMUNICATIONS

DES MEMBRES ET DES CORRESPONDANTS DE L'ACADÉMIE.

PHYSIQUE DU GLOBE. — *Sur la récente éruption de l'Etna (Taormina,* 15 mai 1908). Note de M. A. LACROIX.

Seize années se sont écoulées depuis la dernière éruption de l'Etna (survenue en 1892). C'est deux fois et demie l'intervalle moyen séparant deux éruptions complètes, d'après les statistiques correspondant aux 150 dernières années (Riccò). Les phénomènes d'activité assez intenses, se manifestant dans le cratère central depuis 1906, pouvaient faire penser qu'une éruption était prochaine. Elle vient de se produire, mais, contrairement aux probabilités, elle a été de peu d'importance et d'une brève durée; l'avenir dira si elle constitue un fait isolé dans l'histoire du volcan ou si elle n'inaugure pas plutôt un nouveau cycle d'activité, tel que l'Etna en a présenté tant d'exemples.

Quoi qu'il en soit, le siège de cette éruption se trouve dans une région distincte de celle où se sont produites les dernières grandes éruptions de 1883, 1886, 1892. Celles-ci ont eu lieu sur une même fente radiale partant du cratère et orientée Nord-Sud. L'éruption récente s'est produite sur le flanc sud-est de l'Etna, dans les escarpements qui dominent le fond du Val del Bove, et un peu au-dessous des bouches de l'éruption de 1819; sa fente caractéristique a une direction moyenne Nord-Ouest, son prolongement ne passe pas par le cratère central.

Succession des phénomènes de l'éruption. — Voici quelle a été la succession des phénomènes, d'après les renseignements que m'ont obligeamment

fournis MM. Ricco et G. Platania et d'après ceux que j'ai recueillis moi-même à Zafferana :

Le 29 avril, à partir de $5^h 20^m$ du matin, les instruments séismiques de l'Observatoire de Catania enregistrent de petits mouvements du sol, qui vont en s'accentuant jusqu'à $6^h 22^m$, heure de l'ouverture d'une fente excentrique sur laquelle se produisent des bouches éruptives. A $5^h 55^m$ un dégagement de vapeurs noires avait été constaté au cratère central. Pendant toute la journée celui-ci et les nouvelles bouches donnent des projections, dont l'intensité paraît avoir été alternante. Des cendres tombent sur le volcan et sont transportées par le vent jusqu'à Aci-Reale, entre $8^h 30^m$ et 11^h environ.

Deux courants de lave s'échappent de l'extrémité méridionale de la fente et viennent s'étaler, après s'être réunis, jusqu'à environ 4^{km} de leur point de sortie sur les laves du fond du Val del Bove. Leur marche a été rapide, car le 30 avril, à $10^h 10^m$ du matin, l'extrémité de la coulée n'avançait plus qu'avec une extrême lenteur; le lendemain, elle était virtuellement arrêtée.

Pendant cette même journée du 30 avril, le cratère a continué à donner des projections avec une intensité intermittente; la dernière de quelque importance a eu lieu à $5^h 20^m$ du soir. Quant aux bouches nouvelles, elles étaient à peine actives.

Depuis lors, le cratère central fumotte et les bouches récentes ne donnent que par intermittence d'imperceptibles bouffées de vapeurs.

La cessation de l'activité éruptive a été le signal de la reprise des tremblements de terre qui persistent encore aujourd'hui. Ils se font sentir sur le versant sud-est du volcan (Zafferana, Bongiardo, S. Venerina, etc.) jusqu'à Aci-Reale, avec assez d'intensité pour fissurer ou renverser des murs et effrayer les habitants, au point que beaucoup d'entre eux ont quitté leurs maisons et campent à l'extérieur.

Cette éruption qui, pour sa brièveté, peut être comparée à celle de 1883, est remarquable par le peu d'intensité et le peu de durée de ses phénomènes explosifs. Cette particularité a été très favorable à l'étude de la fente éruptive à laquelle je me suis plus spécialement attaché. Toutes les fois, en effet, qu'à l'Etna, les phénomènes explosifs se prolongent pendant quelque temps, et c'est le cas le plus général, les bouches qui s'ouvrent sur la fente ne tardent pas à se transformer en cônes plus ou moins réguliers, creusés d'un cratère, par suite de l'accumulation sur place des produits de projection. Dans le cas actuel au contraire, les phénomènes explosifs ayant cessé presque immédiatement, la fente et les bouches qui la jalonnent ont conservé leur forme

première et sont restées entièrement à découvert. C'est grâce aussi à la cessation complète des phénomènes violents que j'ai pu atteindre la fente, qui, par suite de sa position topographique sur une pente très raide couverte de neige, eût été inaccessible en toute autre circonstance.

Dans une série d'excursions fort pénibles, effectuées de Zafferana, en compagnie de M. G. Platania, il m'a été possible d'examiner à loisir la partie du volcan où se sont déroulés ces rapides phénomènes.

La fente. — La position de la fente est facile à définir, car elle est comprise entre deux accidents topographiques du flanc sud-est de l'Etna, célèbres par le grand nombre des dykes de laves anciennes qu'ils renferment : la Serra Giannicola picola au Nord et la Serra Giannicola grande au Sud. Sa direction est Nord-Ouest dans sa partie principale; mais, après avoir traversé la seconde de ces arêtes montagneuses, à un petit col (altitude environ 2275^m) situé entre les rochers Guardiano et Castello, elle se redresse un peu dans la direction du méridien. Sa longueur est supérieure à 1^{km} et l'altitude de son extrémité septentrionale avoisine 2500^m.

Sur sa portion principale, comprise entre les deux Serras, se sont ouvertes une série de bouches, qui n'ont été le siège que d'explosions ; il en existe au moins sept principales. Ce sont de grandes cavités grossièrement circulaires, rappelant celles produites par une explosion de dynamite. Leur profondeur est de 15^m à 20^m ; leur diamètre, qui est variable, est en moyenne deux ou trois fois plus grand.

Elles sont en partie comblées par les débris de leurs parois entaillées à pic. L'une d'elles, de petite dimension, située au sud du col du Castello, montre sur une de ses parois la neige à vif sur environ 2^m de hauteur.

Les matériaux qui entourent ces bouches sont surtout des débris du vieux sol, mélangés à une proportion relativement peu importante de magma neuf. Les phénomènes explosifs, qui se sont produits par ces bouches, ont donc été surtout vulcaniens. Cependant M. Ricco m'a signalé que, le 29 avril à 3^h du soir, un observateur, placé au pied sud de la Montagnola, a vu des jets de feu s'élever de cette fente. Elle a donc été aussi le siège de projections stromboliennes. Actuellement, les bords des bouches éruptives et les fissures du sol qui réunissent celles-ci sont garnis de fumerolles acides, dont la température, là où j'ai pu la mesurer, ne dépasse guère celle de la fusion du zinc (412° C.)

La lave. — La lave est sortie par deux groupes d'ouvertures, situées à l'extrémité méridionale de la fente, c'est-à-dire dans sa partie la plus basse. Une première coulée, la moins importante, a longé le flanc nord de la

Serra Giannicola grande; son point de sortie se trouve au-dessous des bouches explosives situées sur la fente. Il correspond sans doute à une fissure radiale en relation avec celle-ci et ouverte dans les matériaux peu cohérents de cette partie de la montagne. La coulée la plus importante a été émise par l'extrémité même de la fente et sur le versant sud de la Serra Giannicola grande. Cette portion effusive de la fente longe très sensiblement l'un des dykes anciens du Castello. Elle est orientée presque Nord-Sud; elle est rectiligne et encore béante. Elle constitue un fossé d'une centaine de mètres de longueur ayant de 15^m à 20^m de largeur; ses parois sont entaillées à pic dans les tufs anciens ou limitées par le dyke du Castello.

La lave à surface très scoriacée remplit ce fossé jusqu'à environ 2^m de ses bords; ceux-ci sont recouverts par une sorte de bouclier de lave très scoriacée, se déversant vers l'extérieur et jouant le rôle de moraine latérale; il est parcouru par des fissures parallèles aux bords, d'où s'échappaient, le 10 mai, des fumerolles sèches, qui en rendaient l'abord difficile. Au moment de l'éruption, la lave ne s'est donc pas simplement écoulée vers le bas de la montagne par la fente largement ouverte, mais elle a en outre bavé de part et d'autre de la cavité béante. C'est grâce à ce phénomène que s'est produit, à l'est de la fissure, un rudiment de coulée, qui est venu encercler la partie supérieure d'un lambeau de terrain ancien (contenant un dyke), qui forme aujourd'hui un îlot au milieu de la lave récente.

Je n'entrerai pas dans le détail de la structure de la coulée qui, à la sortie de la fente, s'étale bientôt, enveloppe encore un îlot de terrain ancien, puis, après être descendue le long d'une pente atteignant localement 35°, arrive au pied de la Serra Giannicola grande, bordée par des moraines, qui diminuent à mesure que la pente devient moins forte. La coulée se répand ensuite au fond du Val del Bove sur une surface relativement plane, puis recouvre, sur une partie de leur trajet, les laves de 1819 et de 1852.

Les alentours de la fente effusive, dans un rayon d'environ 25^m, sont couverts de débris de magma neuf, sous forme de grosses bombes légères à cavités globulaires, de fragments contournés ou de morceaux informes, qui cessent brusquement. Ils sont le résultat de projections peu violentes, résultant d'explosions hawaïennes, plutôt que stromboliennes. Cette opinion peut s'appuyer non seulement sur leur structure et leur disposition sur le sol, mais encore sur une observation de M. G. Platania qui, regardant, des environs d'Aci-Reale, avec une longue vue, les bouches de sortie, a vu entre 8^h et 9^h du soir la lave s'élever de ce point en masses continues,

simulant le jet d'une fontaine, alors que de loin en loin apparaissait une gerbe de débris incandescents. Il est très vraisemblable que, si les phénomènes explosifs avait persisté pendant quelques jours sur cette fente, il se serait produit un cône de débris au point qui vient d'être étudié.

Il me reste à signaler sur l'un des îlots de terrain ancien épargné par la lave, l'existence d'une bouche ayant fourni, sans projections, un petit courant de lave se réunissant bientôt à la coulée principale. Il est intéressant en ce sens qu'il a été sans doute alimenté par une fêlure du sol, transversale à la fente principale, et traversant souterrainement un dyke ancien à peu près parallèle à celle-ci.

La lave récente minéralogiquement semblable à celle des éruptions précédentes, appartient d'une façon presque uniforme au type fragmentaire scoriacé, sauf vers l'extrémité de la coulée où, sur une petite surface, on distingue une structure cordée grossière, morcelée par le retrait. En ce point, la lave renferme d'énormes cavités bulleuses à parois stalactiformes. Cette structure fragmentaire, qui est celle que possédait la lave du 8 avril 1906 au Vésuve, s'explique bien par la rapidité avec laquelle s'est effectué l'épanchement, alors que les portions cordées résultent d'un éclusage produit au moment où la lave était près de s'arrêter.

Phénomènes d'érosion dus à la lave. — La coulée du nord de la Serra Giannicola grande, avant de venir s'accoler à la coulée principale, arrive brusquement sur un talus à pente extrêmement raide et y détermine des phénomènes d'érosion tout à fait curieux, car ils sont comparables à ceux que déterminerait dans les mêmes conditions un torrent boueux. Elle tombe tout d'abord en cascade; la pente étant trop forte pour que la lave ait pu s'y accumuler, la coulée s'amincit, mais, la pente diminuant bientôt, le courant a entamé le sol peu cohérent, s'y creusant ainsi un lit encaissé par des parois à pic qui peuvent atteindre 2^{m} de hauteur. Ce lit se distingue de la fente effusive décrite plus haut par sa sinuosité, par l'absence de produits de projections et de moraines sur ses bords. Un peu plus bas, la pente s'atténuant encore, ce lit devient de moins en moins profond, puis la lave s'étale en remblais à la surface du sol pour aller se réunir à la coulée principale. Les nombreux blocs de matériaux du vieux sol non transformés qui se trouvent à la surface de cette coulée s'expliquent facilement par les détails qui viennent d'être donnés.

Rareté des fumerolles. — L'une des particularités de cette éruption a consisté dans le peu d'intensité des fumerolles. Je n'ai observé le type à chlorure de sodium que sur les bords mêmes de la fente effusive. Sur la lave

elle-même se trouvaient quelques fumerolles alcalines à salmiac, très nettement délimitées et fort actives. Enfin j'ai signalé plus haut l'abondance des fumerolles acides sur le bord même des bouches explosives; je n'en ai pas vu ailleurs.

Relation des matériaux éruptifs et des névés. — La région de la fente et des parties hautes des coulées est encore couverte de neige. Celle-ci n'a été fondue qu'au contact immédiat de la lave. On peut la voir intacte à quelques mètres des coulées et j'ai relaté plus haut qu'une paroi d'une des bouches explosives est constituée par un névé, coupé comme à l'emporte-pièce.

Dans un rayon de plusieurs kilomètres, la neige est recouverte par des lapilli scoriacés très vitreux qui, à quelques centaines de mètres de la bouche effusive, forment une couche continue de plusieurs centimètres d'épaisseur. La structure de ces scories permet d'assurer qu'elles ont été rejetées à l'état incandescent et pâteux; leur refroidissement superficiel a été assez rapide et leur conductibilité assez faible pour ne pas fondre la neige. Les avalanches se produisant çà et là déterminent le mélange stable de ces matériaux d'origine si différente. Là où l'action du soleil est suffisamment énergique, la fusion de la neige s'effectue lentement. Les surfaces desséchées se couvrent ensuite d'enduits dus à la cristallisation des sels contenus par les cendres au moment de leur projection.

Je me propose de faire incessamment l'ascension du cratère central, pour étudier les modifications qu'il a pu présenter et surtout pour rechercher dans quelles limites il a contribué à fournir ces scories légères, qui se rencontrent dans le Val del Bove et qui pour l'instant me semblent provenir surtout des bouches ayant fourni la lave.

MÉMOIRES LUS.

BACTÉRIOLOGIE. — *Sur les propriétés activantes des sérums d'animaux sains et d'animaux tuberculeux ou tuberculinés à l'égard du venin de cobra;* par MM. **A. Calmette**, **L. Massol** et **C. Guérin**.

Dans une Note précédente, en collaboration avec M. Breton (*Comptes rendus*, 30 mars 1908), deux d'entre nous ont indiqué que les sérums d'hommes ou de bœuf tuberculeux (non cachectiques) renferment une proportion d'un composé lécithinique décelable par la propriété que possède cette substance de conférer au venin de cobra le pouvoir d'hémolyser les globules rouges du

sang des différentes espèces animales, alors que le sérum des nouveau-nés ou des individus sains et celui des veaux indemnes de tuberculose est constamment inactif à l'égard du même venin.

Nous avons également montré que cette propriété activante de certains sérums pathologiques à l'égard du venin est bien due à la lécithine qu'ils renferment (probablement à l'état de lécithide d'albumine), puisque l'activation se manifeste aussi nette après qu'on a chauffé ces sérums à 58° pendant 1 heure, ou qu'on a pris soin d'annihiler, par l'addition d'une quantité suffisante de chlorure de calcium, l'action des acides gras activants que beaucoup de sérums normaux contiennent à l'état frais.

Nous nous sommes proposé d'étendre nos recherches dans le même sens en étudiant les sérums d'un grand nombre d'animaux de divers espèces, sains ou tuberculeux, et en cherchant à préciser l'influence de l'imprégnation tuberculinique sur les décharges de lécithine dans le sang.

Nos expériences ont porté sur le bœuf, le cheval, le mouton, la chèvre, le porc, le chien, le lapin, le cobaye et le rat.

La substance lécithinique que renferment les divers sérums peut être fixée *in vitro* par les bacilles tuberculeux et par les solutions de tuberculine précipitée à froid à 5 pour 1000.

La réaction d'activation s'observe et se mesure très aisément de la manière suivante :

Dans une série de tubes à essai A, B, C, ..., on met en présence $0^{cm^3},1$, $0^{cm^3},2$, $0^{cm^3},3$, ... du sérum à étudier, préalablement privé d'alexine par 1 heure de chauffage à 58°. On ajoute à chaque tube $0^{cm^3},5$ d'une émulsion à 5 pour 100 d'hématies de cheval, de bœuf ou de lapin, privées de sérum par trois lavages à l'eau salée à 8 pour 1000 et trois centrifugations successives.

Le tube A sert de témoin et ne reçoit pas de venin. Dans tous les autres tubes B, C, ..., on introduit avec une pipette graduée une dose uniforme de venin de cobra ($0^{cm^3},5$ d'une solution à 1 pour 5000, soit 1 dixième de milligramme).

On note le moment auquel l'hémolyse apparaît. Elle ne se produit pas dans le tube A et se montre d'autant plus rapidement dans les autres que la richesse du sérum en lécithine est grande.

En comparant l'activation produite par un sérum avec celle qui résulte du remplacement de ce sérum par $0^{cm^3},1$, $0^{cm^3},2$, $0^{cm^3},3$, ... d'une solution de lécithine à 1 pour 10000 (1), on peut titrer approximativement la richesse en lécithine du sérum expérimenté.

(1) On prépare cette solution de lécithine en dissolvant 1^g de lécithine d'œuf dans 100^{cm^3} d'alcool méthylique pur et en mélangeant 1^{cm^3} de ce liquide à 99^{cm^3} d'eau salée physiologique.

Nous avons pu constater ainsi que certains sérums renferment jusqu'à 0,2 pour 1000 de lécithine susceptible d'activer le venin.

Pour une même espèce animale, la richesse en lécithine est très variable. Elle paraît influencée par l'alimentation, le jeûne et surtout par les saignées successives.

Certaines espèces ont un sérum constamment lécithifère. Ce sont, dans l'ordre de richesse moyenne décroissante : le cheval, le chien, le rat, la chèvre, le mouton et le lapin.

Or ces espèces sont précisément les plus difficilement tuberculisables.

Par contre, le sérum de cobaye est très pauvre en lécithine; celui de porc, de veau et de bœuf sains et, ainsi que nous l'avons vu précédemment, celui de nouveau-né et d'homme sain, n'en renferment jamais. Ces espèces sont les plus facilement tuberculisables.

Il y a donc lieu de se demander :

1° Si la lécithine qui existe constamment dans le sang de certains animaux sains est susceptible d'être fixée ou déviée par les bacilles tuberculeux et par la tuberculine préparée à froid;

2° Si la tuberculisation ou la tuberculinisation artificielle des animaux dont le sang ne contient pas de lécithine peut faire apparaître celle-ci dans le sérum.

Pour répondre à la première question, nous mettons en contact, dans une série de tubes à essai, des mélanges de 1^{cm^3} d'une émulsion à 5 pour 1000 de bacilles tuberculeux (pesés à l'état sec) dans l'eau salée physiologique plus la dose du sérum à expérimenter qui s'est montrée capable d'activer, en 1 heure environ, $0^{cm^3},5$ d'une solution de venin de cobra à 1 pour 5000, ou bien 1^{cm^3} d'une solution à 5 pour 1000 de tuberculine préparée à froid avec la même dose de sérum. Les tubes sont portés à l'étuve à 37° pendant 2 heures et agités de temps en temps. On ajoute ensuite à chacun d'eux les globules rouges et le venin comme dans les expériences d'activation et l'on note, après des temps variables de 1 à 6 heures, si l'hémolyse se produit à la température du laboratoire.

En opérant ainsi, nous avons pu voir que, dans tous les cas, la lécithine normalement contenue dans le sérum de cheval, de chien, etc., était fixable par les bacilles tuberculeux et par la tuberculine.

La réponse à la deuxième question nous est fournie par les expériences suivantes :

Une génisse de 18 mois, race flamande, n'ayant pas réagi à la tuberculine et dont le sérum n'active pas le venin de cobra, reçoit, le 9 avril 1908, 5^{mg} de culture de tuberculose bovine (origine : lait de Nocard) dans la veine jugulaire. Dès le surlendemain de l'injection, sa température s'élève et oscille entre 39° et 40°,4. Après 2 et 5 jours son

sérum ne contient pas encore de lécithine. Le neuvième jour sa température s'abaisse, reste jusqu'au 1er mai (22e jour) entre 38°,5 et 39° et, pendant toute cette période, le sérum devient activant. A partir du 2 mai la température s'élève de nouveau et le sérum cesse d'activer. Le 8 mai, nouvelle chute de température coïncidant avec la réapparition de lécithine dans le sang. Le 15, la fièvre s'installe définitivement aux environs de 40°; l'animal présente tous les signes d'une infection granulique aiguë et le sérum n'active plus.

Une génisse de 2 ans, race bretonne, n'ayant pas réagi à la tuberculine injectée sous la peau le 17 février 1908, est saignée le 11 avril. Son sérum n'active pas le venin. On lui injecte ce même jour, dans la veine jugulaire, $0^{g},50$ de tuberculine sèche préparée à froid, dissoute dans 20^{cm^3} d'eau salée physiologique : aucune élévation de température consécutive et son sérum reste inactif les jours suivants. Le 15 avril (4 jours après) on lui injecte de nouveau dans la veine jugulaire $0^{g},50$ de la même tuberculine. Dès la quatrième heure sa température s'élève de 38°,6 à 40°,2. A la douzième heure, retour à la normale. Le surlendemain, 17, son sérum contient de la lécithine et reste très activant jusqu'au 25 avril. A partir de cette date la lécithine disparaît.

On voit donc :

1° Que l'infection tuberculeuse expérimentale réalisée par voie veineuse provoque une décharge de lécithine dans le sérum chaque fois que la température de l'animal s'abaisse; cette lécithine disparaît pendant les périodes fébriles;

2° Que l'injection intraveineuse de tuberculine chez un bovidé sain, répétée deux fois à 5 jours d'intervalle, produit le même résultat. Après la seconde injection l'animal réagit comme s'il était tuberculeux; son sérum devient fortement activant pendant une huitaine de jours, puis tout rentre dans l'ordre.

L'étude du sang d'autres bovidés tuberculeux et sains nous permet d'affirmer que, lorsque ces animaux sont porteurs de lésions tuberculeuses sans fièvre, leur sérum contient une substance lécithifère capable d'activer le venin de cobra; il semble que cette substance soit d'autant plus abondante que les lésions sont plus étendues. Par contre elle disparaît totalement chez les bovidés en hyperthermie et chez les cachectiques. Le sang des bovidés sains n'en renferme pas.

CORRESPONDANCE.

M. **E.-T. Hamy** fait hommage à l'Académie d'un Mémoire intitulé : *La mission de Geoffroy Saint-Hilaire* (1808), *Histoire et Documents*.

La Société portugaise des Sciences naturelles de Lisbonne adresse à l'Académie l'expression de ses sentiments de profonde sympathie à l'occasion du décès de M. *A. de Lapparent*.

M. le Secrétaire perpétuel signale, parmi les pièces imprimées de la Correspondance, l'Ouvrage suivant :

La distribution des étoiles par rapport à la voie lactée, d'après la Carte et le Catalogue photographiques du Ciel (zones de Paris, Bordeaux, Toulouse, Alger et San Fernando), par M. Paul Stroobant. (Présenté par M. B. Baillaud.)

ANALYSE MATHÉMATIQUE. — *Sur une méthode de M. Goursat dans le problème de Monge*. Note de M. **P. Zervos**.

1. M. Goursat, dans le *Bulletin de la Société mathématique*, 1905, a examiné la question suivante :

Étant donné un système de Monge

$$f_i(x_1, x_2, \ldots, x_{n+1}, dx_1, dx_2, \ldots, dx_{n+1}) = 0 \qquad (i = 1, 2, \ldots, n-1) \tag{1}$$

(où les f sont des fonctions homogènes par rapport à $dx_1, dx_2, \ldots, dx_{n+1}$) exprimer $x_1, x_2, \ldots, x_{n+1}$ explicitement en fonction d'une variable auxiliaire t, d'une fonction arbitraire de ce paramètre et de ses dérivées successives jusqu'à un ordre déterminé.

M. Goursat donne une méthode très élégante relative à cette intégration. Je rappellerai ici quelques-uns de ces résultats de M. Goursat.

2. Ajoutons au système (1) la relation

$$dx_{n+1} = p_1\,dx_1 + p_2\,dx_2 + \ldots + p_n\,dx_n, \tag{2}$$

et éliminons, entre les relations (1) et (2), $n-1$ des rapports

$$\frac{dx_k}{dx_1} \qquad (k = 2, 3, \ldots, n+1),$$

on arrive à une équation pour déterminer le dernier rapport. Soit

$\sigma(p_1, p_2, \ldots, p_n, x_1, \alpha) = 0$ cette relation, où α désigne le dernier rapport. Si maintenant j'élimine α entre les relations

$$(3)\qquad \sigma = 0, \quad \frac{\partial\sigma}{\partial\alpha} = 0, \quad \frac{\partial^2\sigma}{\partial\alpha^2} = 0, \quad \ldots, \quad \frac{\partial^{n-1}\sigma}{\partial\alpha^{n-1}} = 0,$$

j'obtiendrai des équations de la forme $F(x_1, p_1, p_2, \ldots, p_n) = 0$. Soient donc

$$(4)\qquad F_\lambda(x_1, p_1, p_2, \ldots, p_n) = 0 \qquad (\lambda = 1, 2, \ldots, n-1)$$

ces équations. Considérons maintenant $x_1, x_2, \ldots, x_n$ comme n variables indépendantes, x_{n+1} comme une fonction de ces n variables et $p_1, p_2, \ldots, p_n$ comme les dérivées partielles de x_{n+1}. Alors les relations (4) forment un système de $n-1$ équations aux dérivées partielles simultanées du premier ordre. C'est ce que j'appelle avec M. Goursat le système *associé* du premier système (1).

3. Si le système associé est en involution, alors pour avoir la solution cherchée du système (1), il suffit de prendre les équations

$$(5)\qquad V = 0, \quad \frac{dV}{da} = 0, \quad \frac{d^2V}{da^2} = 0, \quad \ldots, \quad \frac{d^nV}{da^n} = 0,$$

où $V(x_1, x_2, \ldots, x_{n+1}, a, b)$ est l'intégrale complète du système associé dans lequel on a substitué b par une fonction arbitraire de a.

En prenant pour base ces résultats du savant professeur, j'ai tenté de faire une étude de l'équation

$$(6)\qquad f(x_1, x_2, \ldots, x_{n+1}, dx_1, dx_2, \ldots, dx_{n+1}) = 0$$

et, en particulier, j'ai étudié l'équation

$$(7)\qquad f\left(x_1, \frac{dx_2}{dx_1}, \frac{dx_3}{dx_1}, \ldots, \frac{dx_n}{dx_1}\right) = \frac{dx_{n+2}}{dx_1}.$$

4. On peut chercher à trouver une solution de cette équation dans laquelle les x s'expriment en fonction d'une variable auxiliaire, d'une fonction arbitraire de ce paramètre et de ses dérivées successives jusqu'à un ordre déterminé.

Imaginons pour cela qu'on ait adjoint à la relation (7) $n-2$ relations de la forme

$$(8)\qquad \frac{dx_\lambda}{dx_1} = \varphi_\lambda\left(x_1, \frac{dx_2}{dx_1}\right) \qquad \lambda = 3, 4, \ldots, n,$$

où les fonctions φ ne contiennent pas les variables $x_2, x_3, \ldots, x_{n+1}$ ni les rapports $\frac{dx_3}{dx_1}, \frac{dx_4}{dx_1}, \ldots, \frac{dx_{n+1}}{dx_1}$. Les relations (7) et (8) forment un système de $n-1$ équations de Monge, comme le système (1). Nous y appliquerons la méthode de M. Goursat. En posant $\frac{dx_2}{dx_1} = \alpha$, j'écris la relation qui correspond à la relation (2) sous la forme

$$(9) \qquad \frac{dx_{n+1}}{dx_1} = p_1 + p_2\alpha + p_3\varphi_3(x_1, \alpha) + \ldots + p_n\varphi_n(x_1, \alpha),$$

ou encore sous la forme

$$(10) \quad f[x_1\, \alpha, \varphi_3(x_1, \alpha), \ldots, \varphi_n(x_1, \alpha)] - p_1 - p_2\alpha - p_3\varphi_3(x_1, \alpha) - \ldots - p_n\varphi_n(x_1, \alpha) = 0.$$

Le premier membre, évidemment, est ce que nous avons appelé plus haut σ.

5. En différentiant successivement la relation (10) par rapport à α, on obtiendra le système intermédiaire (3). Je fais maintenant la remarque que les $n-2$ dernières de ces relations ne renferment pas les quantités p_1, p_2. Cette remarque me conduit à faire l'hypothèse qu'on peut faire l'élimination de α entre les relations (3) en remplaçant α par une fonction des quantités $x_1, p_3, p_4, \ldots, p_n$ dans la première, dans la deuxième et dans les $n-3$ des autres relations du système (3). Nous aurons ainsi $n-1$ relations de la forme suivante :

$$(11) \quad \left\{ \begin{array}{l} p_1 + p_2 b + p_3\varphi_3(x_1, b) + \ldots \\ \qquad + p_n\varphi_n(x_1, b) - f[x_1, b, \varphi_3(x_1 b), \varphi_4(x_1, b), \ldots, \varphi_n(x_1, b)] = 0, \\ p_2 + p_3 \dfrac{\partial\varphi_3}{\partial b} + \ldots + p_n \dfrac{\partial\varphi_n}{\partial b} - \dfrac{\partial f}{\partial b} - \dfrac{\partial f}{\partial\varphi_3}\dfrac{\partial\varphi_3}{\partial b} - \ldots - \dfrac{\partial f}{\partial\varphi_n}\dfrac{\partial\varphi_n}{\partial b} = 0, \\ \qquad p_3 \dfrac{\partial^2\varphi_3}{\partial b_2} + \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots = 0, \\ \qquad \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots \\ \qquad p_3 \dfrac{\partial^{n-1}\varphi_3}{\partial b^{n-1}} + \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots = 0, \end{array} \right.$$

où b désigne la fonction des quantités $x_1, p_3, \ldots, p_n$ qui remplace la quantité α.

6. Donc les relations (11) forment le système *associé*, si l'on considère les $x_1, x_2, \ldots, x_n$ comme des variables indépendantes, x_{n+1} comme une fonction de ces n variables et $p_1, p_2, \ldots, p_n$ comme des dérivées partielles de x_{n+1} par rapport à ces variables.

Pour obtenir l'intégration du système [(7), (8)] comme nous l'entendons, il suffit que le système (11) soit en involution, d'après ce qui précède.

7. Désignons par $F_1, F_2, \ldots, F_{n-1}$ les premiers membres des relations (11). On voit immédiatement que toutes les parenthèses (F_γ, F_δ), où γ et δ peuvent prendre toutes les valeurs $2, 3, \ldots, n-1$, sont identiquement nulles, car on a identiquement

$$\frac{\partial F_k}{\partial p_1} = 0, \quad \frac{\partial F_k}{\partial x_\lambda} = 0 \qquad (k = 2, 3, \ldots, n-1;\ \lambda = 2, 3, \ldots, n-1, n, n+1);$$

d'autre part

$$\frac{\partial F_1}{\partial p_1} = 1;$$

par conséquent, les parenthèses (F_1, F_k) se réduisent aux expressions $\frac{\partial F_k}{\partial x_1}$; d'où l'on conclut que, *pour que le système associé*, dans le cas considéré, *soit en involution,* il faut et il suffit qu'on ait identiquement

$$\frac{\partial F_k}{\partial x_1} = 0. \tag{12}$$

8. Un exemple où les conditions (12) sont évidemment remplies est celui dans lequel l'équation (7) est de la forme

$$f_1(x_1) + f_2\left(\frac{dx_2}{dx_1}, \frac{dx_3}{dx_1}, \ldots, \frac{dx_n}{dx_1}\right) = \frac{dx_{n+1}}{dx_1} \tag{13}$$

et les équations adjointes sont de la forme

$$\frac{dx_\lambda}{dx_1} = \varphi_\lambda\left(\frac{dx_2}{dx_1}\right) \qquad (\lambda = 3, 4, \ldots, n-1, n). \tag{14}$$

9. La vérification des conditions (12) dans le cas où le système dont il s'agit est le système [(13), (14)] est immédiate; car la fonction qui, *d'après notre hypothèse,* remplacera la quantité α ne renfermera pas la variable x_1 et l'on aura, d'autre part, $\frac{df}{d\alpha} = \frac{df_2}{d\alpha}$, le symbole a désignant la dérivation par rapport à α, la quantité x_1 considérée comme constante. Or la recherche d'un système qui, comme le système [(13), (14)] a la propriété d'avoir un système associé qui est en involution, se ramène à la recherche des solutions particulières d'un système d'équations aux dérivées partielles. Pour préciser ce que nous voulons dire, prenons l'équation (7) dans le cas où $n = 3$. Alors les conditions (12) se réduisent à une seule, $\frac{\partial F_2}{\partial x_1} = 0$ et, comme troisième relation du système (11),

on a la relation

$$(15)\qquad p_3\frac{\partial^2\varphi}{\partial\alpha^2}=\frac{\partial^2 f}{\partial\alpha^2}+2\frac{\partial^2 f}{\partial\alpha\,\partial\varphi}\frac{\partial\varphi}{\partial\alpha}+\frac{\partial^2 f}{\partial\varphi^2}\left(\frac{\partial\varphi}{\partial\alpha}\right)^2+\frac{\partial f}{\partial\varphi}\frac{\partial^2\varphi}{\partial\alpha^2}.$$

Si l'on fait les hypothèses précédentes et si l'on appelle $b(x_1, p_3)$ la valeur de α définie par l'équation (15), on aura

$$(16)\qquad F_2=p_2+p_3\frac{\partial\varphi}{\partial b}-\frac{\partial f}{\partial b}-\frac{\partial f}{\partial\varphi}\frac{\partial\varphi}{\partial b}$$

et la condition $\frac{\partial F_2}{\partial x_1}=0$ se développe, en ayant égard à l'équation (15), comme il suit :

$$(17)\qquad p_3\frac{\partial^2\varphi}{\partial b\,\partial x_1}-\frac{\partial^2 f}{\partial b\,\partial x_1}-\frac{\partial^2 f}{\partial b\,\partial\varphi}\frac{\partial\varphi}{\partial x_1}-\frac{\partial^2 f}{\partial\varphi\,\partial x_1}\frac{\partial\varphi}{\partial b}-\frac{\partial^2 f}{\partial\varphi^2}\frac{\partial\varphi}{\partial x_1}\frac{\partial\varphi}{\partial b}-\frac{\partial f}{\partial\varphi}\frac{\partial^2\varphi}{\partial b\,\partial x_1}=0.$$

10. Supposons que la fonction φ ne renferme pas la variable x_1 et cherchons la forme que doit avoir la fonction $f(x_1, b, \varphi)$ pour que la condition (17) soit remplie; dans ce cas la condition (17) se ramène à la suivante :

$$(18)\qquad \frac{\partial^2 f}{\partial b\,\partial x_1}+\frac{\partial^2 f}{\partial\varphi\, dx_1}\frac{\partial\varphi}{\partial b}=0;$$

or cette condition est remplie si les fonctions $f(x_1, b, \varphi)$ et $\varphi(b)$ vérifient l'équation

$$(19)\qquad \frac{\partial f}{db}+\frac{\partial f}{d\varphi}\frac{d\varphi}{db}=A(b,\varphi),$$

où A est une fonction arbitraire des quantités b et φ [$\varphi=\varphi(b)$], ou encore si l'on a

$$(20)\qquad f(x_1, b, \varphi)=\int A[b,\varphi(b)]\,db+f_1(x_1),$$

où f_1 est une fonction arbitraire de la variable x_1 seulement.

Mais la fonction A étant supposée fonction arbitraire des quantités b et φ, la fonction $\int A[b,\varphi(b)]\,db$ peut être aussi considérée comme égale à une fonction arbitraire des quantités b et $\varphi(b)$, d'où la conclusion suivante :

Si l'on donne à la relation adjointe la forme $\frac{dx_3}{dx_1}=\varphi\left(\frac{dx_2}{dx_1}\right)$ *la condition* (17)

qui correspond au système de Monge

$$(21)\qquad \begin{cases} f\left(x_1, \dfrac{dx_2}{dx_1}, \dfrac{dx_3}{dx_1}\right) = \dfrac{dx_4}{dx_1} \\ \dfrac{dx_3}{dx_1} = \varphi\left(\dfrac{dx_2}{dx_1}\right) \end{cases}$$

sera remplie, dans notre hypothèse, si l'on prend pour f une fonction de la forme

$$(22)\qquad f_1(x_1) + f_2\left(\frac{dx_2}{dx_1}, \frac{dx_3}{dx_1}\right).$$

CALCUL DES PROBABILITÉS. — *Le problème général des probabilités dans les épreuves répétées.* Note de M. L. BACHELIER.

A chaque épreuve n événements A_1, A_2, ..., A_n peuvent se produire et s'excluent mutuellement; la probabilité de l'événement A_1 est $p_{1,1}$ à la première épreuve, $p_{1,2}$ à la deuxième, ..., $p_{1,\mu}$ à la $\mu^{\text{ième}}$; la probabilité de l'événement A_2 est $p_{2,1}$ à la première épreuve, $p_{2,2}$ à la deuxième, ..., $p_{2,\mu}$ à la $\mu^{\text{ième}}$, la probabilité de l'événement A_{n-1} est $p_{n-1,1}$ à la première épreuve, $p_{n-1,2}$ à la deuxième, ..., $p_{n-1,\mu}$ à la $\mu^{\text{ième}}$.

Quelle est la probabilité pour que, en μ épreuves, l'événement A_1 se produise

$$p_{1,1} + p_{1,2} + \ldots + p_{1,\mu} + x_1 \text{ fois;}$$

l'événement A_2,

$$p_{2,1} + p_{2,2} + \ldots + p_{2,\mu} + x_2 \text{ fois;} \qquad \ldots;$$

l'événement A_{n-1},

$$p_{n-1,1} + p_{n-1,2} + \ldots + p_{n-1,\mu} + x_{n-1} \text{ fois?}$$

Les quantités x_1, x_2, ..., x_{n-1} sont les *écarts*. On suppose que, à chaque épreuve, il se produit nécessairement un des événements et un seul.

La probabilité pour que les écarts soient compris entre x_1 et $x_1 + dx_1$, entre x_2 et $x_2 + dx_2$, ..., entre x_{n-1} et $x_{n-1} + dx_{n-1}$ en μ épreuves est exprimée par la formule

$$\frac{e^{-\frac{\Sigma c_k x_k^2 + 2\Sigma g_{h,l} x_h x_l}{2\mathrm{M}}}}{(\sqrt{2\pi})^{n-1}\sqrt{\mathrm{M}}}\, dx_1, \ldots, dx_{n-1},$$

M désignant le déterminant

$$\begin{vmatrix}
\Sigma p_{1,i}(1-p_{1,i}) & \Sigma p_{1,i}p_{2,i} & -\Sigma p_{1,i}p_{3,i} & \Sigma p_{1,i}p_{4,i} & -\Sigma p_{1,i}p_{5,i} & \cdots & \pm\Sigma p_{1,i}p_{n-1,i} \\
\Sigma p_{2,i}p_{1,i} & \Sigma p_{2,i}(1-p_{2,i}) & \Sigma p_{2,i}p_{3,i} & -\Sigma p_{2,i}p_{4,i} & \Sigma p_{2,i}p_{5,i} & \cdots & \mp\Sigma p_{2,i}p_{n-1,i} \\
-\Sigma p_{3,i}p_{1,i} & \Sigma p_{3,i}p_{2,i} & \Sigma p_{3,i}(1-p_{3,i}) & \Sigma p_{3,i}p_{4,i} & -\Sigma p_{3,i}p_{5,i} & \cdots & \pm\Sigma p_{3,i}p_{n-1,i} \\
\Sigma p_{4,i}p_{1,i} & -\Sigma p_{4,i}p_{2,i} & \Sigma p_{4,i}p_{3,i} & \Sigma p_{4,i}(1-p_{4,i}) & \Sigma p_{4,i}p_{5,i} & \cdots & \mp\Sigma p_{4,i}p_{n-1,i} \\
-\Sigma p_{5,i}p_{1,i} & \Sigma p_{5,i}p_{2,i} & -\Sigma_{5,i}p_{3,i} & \Sigma p_{5,i}p_{4,i} & \Sigma p_{5,i}(1-p_{5,i}) & \cdots & \pm\Sigma p_{5,i}p_{n-1,i} \\
\cdots\cdots & \cdots\cdots & \cdots\cdots & \cdots\cdots & \cdots\cdots & \cdots & \cdots\cdots \\
\pm\Sigma p_{n-1,i}p_{1,i} & \mp\Sigma p_{n-1,i}p_{2,i} & \pm\Sigma p_{n-1,i}p_{3,i} & \mp\Sigma p_{n-1,i}p_{4,i} & \pm\Sigma p_{n-1,i}p_{5,i} & \cdots & \Sigma p_{n-1,i}(1-p_{n-1,i})
\end{vmatrix}$$

Les sommations s'étendent à toutes les valeurs $1, 2, \ldots, \mu$ de i.

La somme $\Sigma c_k x_k^2$ désigne la quantité $c_1 x_1^2 + c_2 x_2^2 + \ldots + c_{n-1} x_{n-1}^2$. La quantité c_k s'obtient en supprimant dans le déterminant M la $k^{\text{ième}}$ ligne et la $k^{\text{ième}}$ colonne.

La somme $\Sigma g_{h,l} x_h x_l$ désigne la quantité

$$g_{1,2}x_1x_2 + g_{1,3}x_1x_3 + \ldots + g_{1,n-1}x_1x_{n-1} + g_{2,3}x_2x_3 + \ldots + g_{n-2,n-1}x_{n-2}x_{n-1}.$$

La quantité $g_{h,l}$ s'obtient en supprimant dans le déterminant M la $h^{\text{ième}}$ ligne et la $l^{\text{ième}}$ colonne.

Si les épreuves sont identiques, les probabilités des événements A_1, A_2, ..., A_{n-1} étant $p_1, p_2, \ldots, p_{n-1}$ à chaque épreuve, l'expression précédente se réduit à

$$\frac{e^{-\frac{1}{2\mu}\left[\frac{x_1^2}{p_1}+\frac{x_2^2}{p_2}+\ldots+\frac{x_{n-1}^2}{p_{n-1}}+\frac{(x_1+x_2+\ldots+x_{n-1})^2}{1-p_1-p_2-\ldots-p_{n-1}}\right]}}{(\sqrt{2\pi\mu})^{n-1}\sqrt{p_1p_2\ldots p_{n-1}(1-p_1-p_2-\ldots-p_{n-1})}}\,dx_1\,dx_2\ldots dx_{n-1}.$$

Cette formule particulière peut être démontrée par une méthode relativement élémentaire.

Dans le cas où, les épreuves n'étant pas identiques, on ne considère que trois événements A_1, A_2, A_3, l'expression de la probabilité des écarts se réduit à

$$\frac{e^{-\frac{x_1^2\Sigma p_{2,i}(1-p_{2,i})+x_2^2\Sigma p_{1,i}(1-p_{1,i})+2x_1x_2\Sigma p_{1,i}p_{2,i}}{2[\Sigma p_{1,i}(1-p_{1,i})\times\Sigma p_{2,i}(1-p_{2,i})-(\Sigma p_{1,i}p_{2,i})^2]}}}{2\pi\sqrt{\Sigma p_{1,i}(1-p_{1,i})\times\Sigma p_{2,i}(1-p_{2,i})-(\Sigma p_{1,i}p_{2,i})^2}}\,dx_1\,dx_2.$$

La démonstration de cette formule a été exposée dans mon Mémoire sur la *Théorie des probabilités continues* (*Journal de Mathématiques pures et appliquées*, 1906).

Les résultats précédents ne sont que des cas particuliers d'une théorie générale qu'il ne m'est pas possible de développer ici. Cette théorie permet

de résoudre tous les problèmes relatifs aux cas où les événements considérés ne s'excluent pas. Pour ne pas compliquer les formules, nous exposerons seulement le cas où il y a trois événements et où toutes les épreuves sont identiques ; le problème s'énonce ainsi :

A chaque épreuve, trois événements A_1, A_2, A_3 *peuvent se produire ; la probabilité pour que* A_1 *se produise seul est* p_1, *la probabilité pour que* A_2 *se produise seul est* p_2, *la probabilité pour que* A_3 *se produise seul est* p_3. *La probabilité pour que* A_1 *et* A_2 *se produisent simultanément est* q_3, *la probabilité pour que* A_1 *et* A_3 *se produisent simultanément est* q_2, *la probabilité pour que* A_2 *et* A_3 *se produisent simultanément est* q_1. *Il y a probabilité* r *pour que* A_1, A_2 *et* A_3 *se produisent ensemble, et probabilité*

$$t = 1 - p_1 - p_2 - p_3 - q_1 - q_2 - q_3 - r$$

pour qu'aucun des événements ne se produise.

A chaque épreuve, la probabilité de A_1 est donc $p_1 + q_3 + q_2 + r = \varpi_1$, celle de A_2 est $p_2 + q_1 + q_3 + r = \varpi_2$ et celle de A_3 est $p_3 + q_2 + q_1 + r = \varpi_3$.

Si, sur un grand nombre μ d'épreuves, A_1 s'est produit $\mu\varpi_1 + x_1$ fois, A_2 $\mu\varpi_2 + x_2$ fois et A_3 $\mu\varpi_3 + x_3$ fois, nous disons que les *écarts* sont x_1, x_2, x_3. La probabilité pour que les écarts soient x_1, x_2, x_3 en μ épreuves est exprimée par la formule

$$\frac{e^{-\frac{c_1 x_1^2 + c_2 x_2^2 + c_3 x_3^2 + 2 g_{1,2} x_1 x_2 + 2 g_{1,3} x_1 x_3 + 2 g_{2,3} x_2 x_3}{2\mu M}}}{\left(\sqrt{2\pi\mu}\right)^3 \sqrt{M}}\, dx_1\, dx_2\, dx_3,$$

M désignant le déterminant

$$\begin{vmatrix} \varpi_1(1-\varpi_1) & \varpi_1\varpi_2 - q_3 - r & -\varpi_1\varpi_3 + q_2 + r \\ \varpi_2\varpi_1 - q_3 - r & \varpi_2(1-\varpi_2) & \varpi_2\varpi_3 - q_1 - r \\ -\varpi_3\varpi_1 + q_2 + r & \varpi_3\varpi_2 - q_1 - r & \varpi_3(1-\varpi_3) \end{vmatrix}.$$

c_1 est le déterminant obtenu en supprimant dans M la première ligne et la première colonne ; c_2 s'obtient en supprimant la seconde ligne et la seconde colonne ; c_3 en supprimant la troisième ligne et la troisième colonne. $g_{1,2}$ s'obtient en supprimant dans M la première ligne et la seconde colonne ; $g_{1,3}$ en supprimant la première ligne et la troisième colonne, et $g_{2,3}$ en supprimant la seconde ligne et la troisième colonne.

La théorie générale à laquelle je faisais allusion précédemment permet de traiter la même question, quel que soit le nombre des événements, et

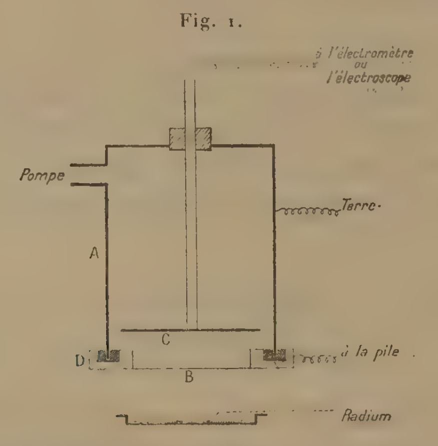
elle n'exige pas que les épreuves soient identiques; le problème qui consiste à déterminer les probabilités dans les épreuves répétées est donc résolu d'une façon complète et définitive.

RADIOACTIVITÉ. — *Sur les rayons secondaires des rayons α.* Note (¹) de M. **William Duane**, présentée par M. Mascart.

Dans une Note précédente (²) j'ai décrit des expériences qui indiquent que la charge portée par les rayons α du radium s'arrête brusquement et sensiblement au même endroit où disparaissent les effets ionisant, photographique et phosphorescent.

J'ai fait d'autres expériences qui indiquent que les rayons α perdent leur pouvoir de produire les rayons secondaires à peu près au même point. Dans ces dernières expériences, je me suis servi de la même boîte en laiton A (*fig.* 1),

Fig. 1.



qui avait été employée dans les premières. Si le sel de radium est près de la mince fenêtre de mica B, les rayons α la traversent et frappent l'électrode métallique C. Ils produisent des rayons secondaires sur les surfaces du mica et de l'électrode. Il est facile de mettre en évidence lacharge de ces rayons secondaires, en faisant un bon vide dans la boîte A et en employant un électroscope de Wilson pour mesurer le potentiel de l'électrode C.

Soit a la charge positive apportée par seconde à l'électrode par les rayons α; soit s_1 la charge négative enlevée par seconde à l'électrode par les rayons secondaires sortant de sa surface, et soit s_2 la charge négative apportée à l'électrode par les rayons secondaires sortant de la fenêtre : alors

(¹) Présentée dans la séance du 18 mai 1908.

(²) *Comptes rendus*, 11 mai 1908.

le courant total vers l'électrode est

$$i = a + s_1 - s_2.$$

On peut séparer les trois courants a, s_1 et s_2 en employant les champs électrique et magnétique. Un champ magnétique assez fort parallèle à la surface de l'électrode supprime s_1 et s_2 (voir la Note précédente). Un champ électrique, entre la fenêtre et l'électrode, produit en reliant l'anneau D (qui est isolé de la boîte A par de la cire) à une pile, arrête s_1 ou s_2, suivant son sens, et s'il est assez fort. Pour déterminer le courant s_1 dû aux rayons secondaires qui sortent de l'électrode, il suffit de mesurer : 1° le courant $(a + s_1)$ en supprimant s_2 avec un champ électrique; 2° le courant a en supprimant s_1 et s_2 par un champ magnétique. La différence entre ces deux courants est s_1.

Afin de déterminer l'intensité du champ électrique nécessaire pour arrêter tous les rayons secondaires s_2, le radium était placé à une distance de $1^{cm},4$ sous la fenêtre, et les courants étaient mesurés en chargeant la fenêtre à des potentiels positifs différents. Les courants obtenus sont les suivants :

Potentiels..	0	2	4	9,5	17	25	34	51	68	85	170	volts
Courant....	1,35	2,10	2,71	4,23	5,6	7,7	8,3	9,2	9,8	10,0	10,0	unités arbitraires

Il est évident que le courant reste constant, si le potentiel augmente de 75 à 170 volts, c'est-à-dire que 75 volts arrêtent tous les rayons secondaires s_2 (¹).

Les nombres ci-dessus montrent aussi que les courants ne sont pas dus à une ionisation du gaz pouvant rester dans l'appareil car, dans ce cas, la saturation aurait été obtenue pour une très faible différence de potentiel.

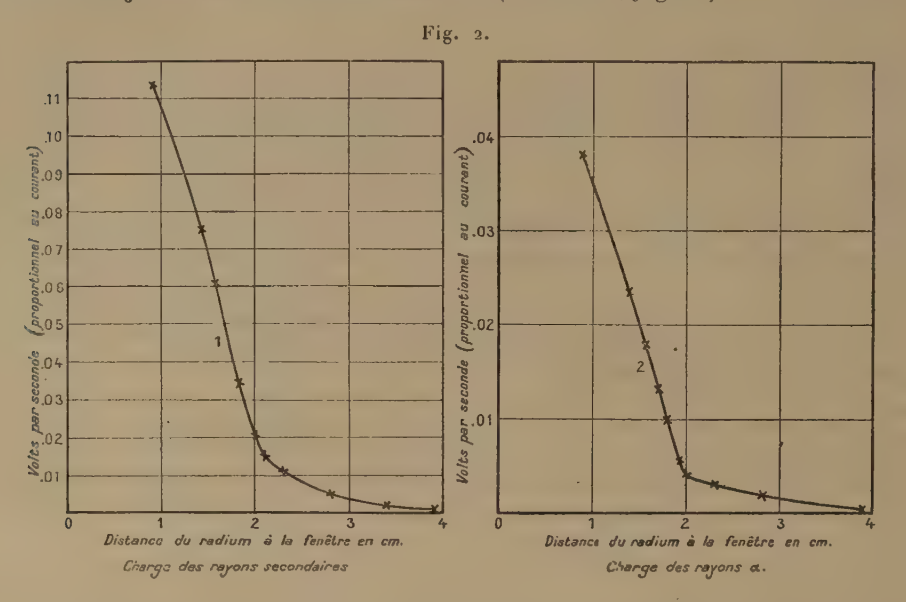
Afin de décider si le pouvoir de produire des rayons secondaires cesse au même point où s'arrête la charge, le radium était presque débarrassé de l'émanation et de l'activité induite (comme dans les expériences antérieures) et placé sous la fenêtre à des distances différentes. A chaque distance les courants étaient mesurés : 1° avec la fenêtre à un potentiel de +85 volts; 2° avec un champ magnétique de 2800 gauss. La différence des deux courants qui mesure la charge des rayons secondaires est représentée en fonction de la distance du radium à la fenêtre par la courbe I (*fig.* 2). Il est évident que *la presque totalité des rayons secondaires cesse de se produire quand le radium est éloigné de plus de* 2^{cm} *environ de la fenêtre;* cette distance est justement celle qui a été trouvée dans les expériences antérieures pour la charge des rayons α.

Pour obtenir une bonne comparaison, j'ai construit la courbe relative aux

(¹) Il est possible que le courant s_1 soit augmenté par le champ électrique. Ce champ ne change pas a.

charges positives des rayons α, qui ont été obtenues au cours des expériences qui font l'objet de cette Communication (courbe 2, *fig*. 2).

Fig. 2.



A cause de la forme des courbes et à cause des courants dus aux rayons de l'émanation et de l'activité induite, il est difficile de déterminer la fin exacte du parcours. S'il y a une différence, le parcours est plus court pour la charge que pour le pouvoir de produire les rayons secondaires : mais, *en tout cas, la différence est petite*.

J'ai fait des expériences avec le polonium, qui ne produit pas d'activité induite ni d'émanation, mais les courants étaient si petits que les résultats ne furent pas concluants. J'espère reprendre les expériences avec du polonium beaucoup plus actif, pour décider s'il y a effectivement une petite différence, ce qui serait important au point de vue d'une hypothèse présentée par J.-J. Thomson (¹).

ÉLECTRICITÉ. — *Différence de potentiel et stabilite de l'arc alternatif entre métaux*. Note de MM. **C.-E. Guye** et **A. Bron**, transmise par M. Lippmann.

La plupart des expériences effectuées en vue d'établir une relation entre la différence de potentiel efficace, l'intensité et la longueur de l'arc alternatif entre métaux, ont conduit à des résultats discordants.

(¹) *Conduction of electricity through gases*, 1906, p. 360-373.

La raison de ces divergences doit être recherchée dans la complexité même du phénomène de l'arc alternatif et surtout dans la difficulté de préciser dans chaque cas particulier les conditions de stabilité, surtout s'il s'agit d'arcs longs et peu intenses.

L'étude que nous venons de terminer nous a montré que c'est en majeure partie à l'importance plus ou moins grande que prend dans l'arc alternatif la période d'extinction par rapport à celle d'allumage qu'il faut attribuer la diversité des résultats. En d'autres termes, *la différence de potentiel mesurée dépend dans de larges limites du degré de stabilité de l'arc*, à tel point que toute cause (pression du gaz, refroidissement, courant d'air, diminution de la self-induction ou de la résistance du circuit, etc.) qui tend à diminuer cette stabilité, c'est-à-dire, à prolonger la durée de l'extinction, se traduit immédiatement, comme il est aisé de s'en rendre compte, par une augmentation de la différence de potentiel efficace aux électrodes.

Le même défaut de stabilité, en produisant des extinctions momentanées, peut d'ailleurs entacher d'erreur les expériences effectuées sur l'arc à courant continu.

En disposant d'une énorme réserve de tension à circuit ouvert (20000^{volts} environ dans nos expériences), et en portant *les électrodes à une température voisine de leur point de fusion, nous avons obtenu des arcs d'une* extrême stabilité.

Dans ces conditions, la période d'extinction devient négligeable et les résultats expérimentaux sont d'une interprétation aisée et tout à fait conforme aux idées actuelles sur le mécanisme de l'arc. Nous avons en effet constaté qu'alors la *différence de potentiel, toutes conditions égales, tend vers une limite inférieure approximativement la même, quelle que soit la nature du métal des électrodes, à la condition qu'il soit peu volatil.*

	volts	volts
Platine	472	
Or	473	
Palladium	468	
Argent	477	
Cuivre [1]	(479)	
Nickel	472	–485
Fer	477	
Aluminium	455	–500

(1) La plus grande divergence a été observée sur l'arc au cuivre pour lequel nous avons trouvé dans l'air 502^{volts}. Cette divergence peut être attribuée à la présence d'une couche d'oxyde qui recouvre les électrodes et qui augmente l'instabilité. En expérimentant dans l'azote, la différence de potentiel, quoique plus petite en valeur absolue, est presque la même avec le cuivre et le platine. Elle est, pour ces deux métaux, dans le rapport de 472 à 479. Le chiffre de 479 est donc un chiffre corrigé.

Le Tableau précédent résume une série d'expériences effectuées dans l'air (pression 40^{cm} de Hg) pour une distance d'électrodes de 4^{mm} et une intensité alternative $0^{amp},1$ (fréquence 50).

On voit que les différences de potentiel ne diffèrent entre elles que de quelques centièmes; seuls les arcs au nickel et à l'aluminium ne paraissent pas avoir atteint une stabilité complète.

En expérimentant dans les mêmes conditions sur les métaux qui dégagent d'abondantes vapeurs métalliques, la différence de potentiel est alors plus petite.

Nous avions en effet :

	volts	volts
Cadmium ...	340	-360
Zinc ...	285	-295
Magnésium ...	242	

Ces expériences nous paraissent fournir l'explication de bien des divergences obtenues antérieurement; elles sont en outre tout à fait conformes à la théorie actuelle de l'arc.

En effet si, d'une part, il est nécessaire que la cathode et, dans le cas de l'arc alternatif, les deux électrodes soient portées à l'incandescence, de façon à émettre les électrons nécessaires au maintien de l'arc, *c'est le milieu ionisé par leur choc qui intervient principalement dans la différence de potentiel et, dans le cas des arcs longs et peu intenses, ce milieu est sensiblement le même (air) quels que soient les métaux-électrodes, pourvu qu'ils soient peu volatils.* Abstraction faite des chutes anodique et cathodique, relativement peu importantes dans les arcs longs et de faible intensité, la différence de potentiel doit donc être à peu près indépendante de la nature des métaux-électrodes.

Il n'en est naturellement plus de même si le milieu qui sépare les électrodes est chargé d'abondantes vapeurs métalliques, comme c'est le cas avec les arcs courts et intenses ou même avec les métaux volatils.

Nos expériences, qui seront publiées en détail ailleurs, ont également révélé comme on l'a observé déjà pour les arcs courts et intenses, un minimum de la différence de potentiel lorsque la pression du gaz va en diminuant; ce minimum se produit dans l'azote comme dans l'air et, semble-t-il, quel que soit le métal électrode.

Dans nos expériences, les pressions correspondant au minimum, étaient de l'ordre de 5^{cm} à 7^{cm} de mercure. Il semble donc qu'à partir d'une certaine raréfaction le nombre des molécules gazeuses interposées entre les électrodes n'est plus suffisant pour que l'ionisation puisse s'effectuer normalement et qu'il faille alors augmenter la différence de potentiel si l'on veut maintenir le même courant.

Fait digne de remarque, la loi de décroissance du potentiel avec la pression est rigoureusement linéaire, si l'on expérimente dans les conditions d'extrême stabilité.

ÉLECTRICITÉ. — *Sur l'existence et l'origine des harmoniques dans l'étincelle de self-induction*. Note de M. G.-A. HEMSALECH, présentée par M. E.-H. Amagat.

Dans une Note antérieure (¹) j'ai exposé les résultats obtenus en photographiant sur une pellicule mobile des étincelles de self-induction; on faisait passer la lumière à travers un collimateur pourvu d'une fente, de sorte qu'on recevait sur la pellicule l'image de cette dernière.

Ce dispositif avait permis de révéler dans les oscillations la présence de stries équidistantes dont la fréquence représentait des rapports rationnels avec celle des oscillations de la décharge, et j'avais émis l'hypothèse que ces stries étaient produites par des oscillations d'ordre supérieur constituant des harmoniques de l'oscillation fondamentale.

Or, cette hypothèse a été déclarée fausse par MM. Battelli et Magri (²), qui, en se basant sur leurs propres expériences, ont donné une tout autre interprétation à ce phénomène. D'après ces auteurs, les stries que j'ai observées seraient dues à des expulsions irrégulières et parfois intermittentes des vapeurs métalliques. On verra dans la suite que cette interprétation ne peut aucunement s'appliquer aux stries que j'ai étudiées, et il est probable que le dispositif expérimental employé par MM. Battelli et Magri ne leur a pas permis de mettre en évidence le phénomène en question.

Pour étudier les oscillations supérieures, je me suis servi de deux méthodes différentes : la méthode photographique et la méthode du courant d'air.

La méthode photographique. — Cette méthode permet de suivre le développement des harmoniques dans chacune des oscillations fondamentales d'une même étincelle où leur présence est accusée par des stries régulièrement espacées. Ces stries sont causées par une augmentation momentanée de la luminosité des vapeurs métalliques, augmentation due au passage du courant de l'harmonique. On peut d'ailleurs, sur beaucoup de mes photographies, suivre les trajectoires de projection des vapeurs

---

(¹) HEMSALECH, *Comptes rendus*, t. CXLIV, 1907, p. 741.

(²) BATTELLI e MAGRI, *Atti R. Acc. dei Lincei*, t. XVI, 1907, p. 12.

métalliques et constater ainsi qu'elles sont très souvent indépendantes des stries dues aux harmoniques, ce qui indique que les stries, dans ces cas, sont produites par la propagation d'une luminosité dans la vapeur métallique. Il résulte de la différence d'inclinaison des deux courbes que la vitesse de cette luminosité est généralement uniforme et plus grande que la vitesse de projection de la vapeur métallique.

Il est avantageux d'employer comme électrodes des métaux dont les vapeurs sont riches en raies actiniques, tels que le magnésium; mais autrement la nature du métal employé n'influe pas sur la régularité du phénomène. Sans entrer dans les détails qui seront publiés ailleurs, il suffit de dire que les photographies furent mesurées à l'aide d'une machine à diviser et la fréquence des stries comparées à celle des oscillations. C'est ainsi que j'ai constaté que les chiffres représentant les rapports de ces deux fréquences se rapprochent des nombres entiers. Voici quelques chiffres obtenus pour la première oscillation de chaque étincelle : 4,05, 3,91, 4,08 et 4,04 avec des électrodes en cuivre; 3,11, 3,12, 3,05, 4,05, 5,06, 5,01, 10,07, etc. avec des électrodes en magnésium. Il est difficile de croire que ces résultats soient accidentels. Pour les autres oscilllations d'une même décharge, les stries sont moins marquées et souvent difficiles à mesurer. Les nombres suivants représentent les rapports entre harmoniques et fondamentales pour différentes oscillations d'une même étincelle : première oscillation, 4,05; deuxième oscillation, 4,30; troisième oscillation, 6,95; huitième oscillation, 7,72; dixième oscillation, 8,02; vingtième oscillation, 7,95.

Méthode du courant d'air. — En employant le dispositif décrit antérieurement (¹) on peut mettre en évidence l'existence des harmoniques d'une façon extrêmement nette. D'abord avec un courant d'air relativement faible, les oscillations fondamentales se séparent les unes des autres et forment une série de petits arcs lumineux. Si maintenant on augmente la vitesse du courant d'air, on voit les oscillations se décomposer à leur tour en les harmoniques qui les constituent. Ces harmoniques sont du même ordre que celles obtenues avec la méthode photographique. Or, j'ai démontré (²) que les oscillations obtenues de cette manière donnent le spectre de bandes de l'azote; par conséquent, leur visibilité est due à la luminescence de l'azote, luminescence provoquée par le passage du courant électrique.

Ainsi, avec cette méthode, la vapeur métallique n'intervient pas et *cette expérience établit d'une manière éclatante la réalité du phénomène.*

Influence d'un champ magnétique sur les oscillations. — Le dispositif à courant d'air est installé entre les pôles d'un électro-aimant de telle sorte que la direction du courant d'air soit perpendiculaire et les oscillations dans un plan parallèle aux lignes de force.

En établissant le champ, on constate que les oscillations fondamentales et supérieures sont fortement déviées de leur position et tendent à se placer

---

(¹) HEMSALECH, *Comptes rendus*, t. CXL, 1905, p. 1103.

(²) HEMSALECH, *Comptes rendus*, t. CXLI, 1905, p. 1227.

dans un plan perpendiculaire aux lignes de force. Chacun des petits arcs lumineux se comporte, en effet, comme un fil métallique parcouru par un courant électrique. La traînée de vapeur métallique qui parcourt le champ magnétique perpendiculairement aux lignes de force n'est pas influencée dans ces conditions.

Influence des courants de Foucault et de l'hystérésis du fer. — Lorsqu'on introduit dans la bobine de self-induction un cylindre en zinc, la fréquence des oscillations fondamentales est augmentée [1]. J'ai pu constater que les harmoniques sont influencées dans le même sens et qu'elles gardent leur caractère comme telles. Les nombres suivants ont été obtenus pour leurs rapports : 4,91, 5,22 et 4,82. De la même sorte, l'introduction d'un cylindre en fer a pour résultat de supprimer les harmoniques aussi bien que les fondamentales.

Origine des harmoniques. — Des expériences récentes m'ont montré que les oscillations supérieures prennent naissance dans la bobine de self-induction insérée dans le circuit de décharge du condensateur et qu'elles sont régies par la nature de cette bobine. Ainsi une self-induction, constituée par un solénoïde d'environ 1^{m} de longueur et 20^{cm} de diamètre, donne des harmoniques bien développées avec deux couches de fil (254 tours par couche). Avec une seule couche de cette même bobine, les harmoniques deviennent très faibles par rapport aux oscillations fondamentales. Avec une bobine plate de 25 couches de fil (25 tours par couche) le phénomène n'a pas été observé. Un autre solénoïde de 12 couches (150 tours par couche) le montra de nouveau très bien.

MM. Caudrelier et Léauté ont repris ces expériences au laboratoire des recherches physiques de la Sorbonne, pour étudier la nature et la cause de ces harmoniques.

RADIOGRAPHIE. — *Sur l'impossibilité de diagnostiquer la mort réelle par la radiographie des organes abdominaux.* Note de M. **Maxime Ménard**, présentée par M. Edmond Perrier.

D'après M. Vaillant [2] le diagnostic de « la mort réelle peut être fait, quant à présent, par l'examen radiographique des organes abdominaux ».

---

(1) Hemsalech, *Comptes rendus*, t. CXL, 1905, p. 1322.

(2) *Comptes rendus*, 18 novembre 1907.

Cette opinion a été contestée, mais dans une certaine mesure seulement, par M. Béclère [1] qui ne pouvait se prononcer en raison de sa documentation insuffisante.

J'ai fait, à mon tour, des recherches qui ont porté, d'une part, sur un enfant de 8 ans mort à la suite d'une fracture de la base du crâne, d'autre part, sur un intestin isolé extrait de la cavité abdominale.

1° *Sur l'enfant de 8 ans.* — J'ai procédé de façon à obtenir 9 épreuves en série, faites à intervalles différents à partir du moment de la mort jusqu'au lendemain, la technique étant la même.

Si nous considérons la radiographie n° 1 exécutée 5 minutes après l'arrêt apparent des mouvements respiratoires, nous apercevons au-dessus de la crête iliaque gauche une zone claire représentant une portion d'intestin rempli de gaz. D'autres espaces clairs se voient sur la radiographie, mais sans délimitation bien nette.

La radiographie n° 3 faite 1 heure 20 minutes après la mort nous montre les mêmes détails que précédemment tout en permettant en certains points d'entrevoir quelques anses intestinales. Ces dernières deviennent de plus en plus visibles à mesure que nous considérons les radiographies exécutées à une heure plus éloignée de celle de la mort. Si nous comparons, en effet, les radiographies 1 à 7 avec les radiographies 8 et 9 exécutées, la première 20 heures, la seconde 22 heures après la mort, nous remarquons sur ces dernières que les anses intestinales sont généralement visibles.

Doit-on considérer cette particularité comme étant un signe certain de la mort réelle? Tel n'est pas mon avis, car si je compare la radiographie n° 1 (cadavre d'enfant) avec celle (n° 10) d'une femme adulte vivante, je vois sur la radiographie de cette dernière plusieurs zones claires, dont une plus apparente que les autres zones qui, représentent des anses intestinales distendues par des gaz. Pour être visibles sur la radiographie d'un sujet vivant, l'anse intestinale et les gaz qui la distendent ne doivent pas changer de place. Or cette condition se trouve souvent réalisée sur le vivant et ne devient complète sur le cadavre qu'à une époque où les signes médicaux de la mort réelle existent et donnent des résultats moins discutables, bien plus certains que ceux fournis par la radiographie.

A la fin de la radiographie n° 4 tous les signes de mort réelle existaient et il m'est impossible de poser ce même diagnotic en examinant cette radiographie et en la comparant avec des radiographies de sujets encore vivants. *La radiographie permet*, je le répète donc, *de voir nettement l'intestin, mais à un moment où le diagnostic de mort réelle n'est même plus à poser.*

2° *Recherches sur un intestin séparé du cadavre.* — J'ai radiographié le

---

[1] *Comptes rendus*, 23 décembre 1907.

même intestin débarrassé par un lavage prolongé de tous les gaz qu'il pouvait contenir :

1° Sans être distendu, les parois étant accolées;

2° Distendu par insufflation d'air.

En comparant les épreuves obtenues dans ces deux cas, il est facile de se rendre compte :

1° Que l'intestin est bien plus perméable aux rayons de Röntgen quand il est distendu par l'air que s'il ne l'est pas, cela parce que les parois sont amincies;

2° Quant à la transparence de l'intestin, on ne peut l'expliquer, à mon avis, en supposant que les gaz de l'intestin par suite de leur rencontre avec les rayons X deviennent phosphorescents. Cette particularité se produirait-elle que la plaque sensible ne saurait être pour cela plus vigoureusement impressionnée. Cette phosphorescence n'engendrerait pas des rayons capables de traverser les téguments et le châssis séparant l'anse intestinale de la plaque sensible.

La conclusion qui me semble se dégager de mes expériences est la suivante :

Il est impossible, dans l'état actuel de la Science, de faire par la radiographie des organes abdominaux le diagnostic de la mort réelle.

CHIMIE. — *Contribution à l'étude des phénomènes d'oxydation produits par les acides iodique et bromique.* Note de M. H. BAUBIGNY, présentée par M. Troost.

Dans tous les Traités de quelque importance parus dans ces trente dernières années, on trouve, reproduite successivement dans chacun d'eux, une réaction qui paraît singulière. D'après ces Ouvrages, qui ne donnent d'ailleurs aucune indication d'origine, le bromure d'argent en solution ammoniacale serait oxydé à 100° par l'acide iodique et *transformé en bromate d'ammoniaque* avec formation d'iodure d'argent.

De même avec le chlorure il y aurait formation de chlorate; seulement l'action n'aurait lieu qu'à une température sensiblement plus élevée.

Il est regrettable que cette réaction soit simplement sortie de l'imagination de son auteur, car elle donnait un procédé fort simple de séparation du chlore et du brome. Je n'en parlerai donc que pour remettre les choses au point.

Si, par ce procédé, le bromure et le chlorure d'argent peuvent être trans-

formés l'un et l'autre en iodure, c'est par suite d'un phénomène très différent. De plus, la transformation s'opère pour tous deux à même température et notablement supérieure à 100°. Enfin, il ne se forme ni acide chlorique ni acide bromique, quoique la réaction, dans tous ces Traités, y soit rapportée, à propos de l'acide bromique, comme un des modes de préparation de cet acide.

Une solution ammoniacale de chlorure ou de bromure d'argent chauffée à 100° avec de l'acide iodique ne donne en effet aucun dépôt d'iodure; il faut porter la température vers 200° pour avoir, pendant le refroidissement du liquide, une cristallisation un peu abondante d'iodure d'argent ammoniacal, en lamelles nacrées très réfringentes. En outre, à l'ouverture des tubes (froids, bien entendu), on constate toujours, là où il y a eu formation abondante d'iodure AgI, un léger dégagement gazeux inexplicable avec les données des auteurs. J'ai donc été conduit à étudier d'abord l'action de l'acide iodique, à différentes températures, sur une solution de gaz ammoniac.

Trois tubes, contenant chacun 45^{cm^3} d'ammoniaque ($d = 0,926$) et $1^g,1$ de IO^3H, ont été portés le premier 10 heures à 100°, le deuxième et le troisième pendant 5 heures, l'un à 150° et l'autre à 210°. Dans ce dernier seul, j'ai constaté une légère pression et la présence d'une notable quantité d'iodure d'ammonium, soit par acidification ménagée avec un acide dilué (*mise en liberté d'iode*, à cause de la présence d'un reste d'acide iodique), soit par l'action d'un sel d'argent (*précipitation de* AgI) après séparation de l'iodate par addition d'alcool. Même le tube, chauffé à 150°, ne contenait qu'une très minime proportion d'iodure.

Opérant de façon identique dans une seconde série d'expériences, mais avec addition de bromure d'argent en plus ($0^g,256$ dans chaque tube) le dosage, de l'iodure d'argent formé a donné, pour les trois essais faits à 100°, 150°, 210°, respectivement, $0^g,0006$; $0^g,0021$; $0^g,1760$ AgI; le brome du précipité, obtenu par neutralisation de l'ammoniaque, ayant été éliminé à chaud par le réactif sulfochromique.

L'accord est donc complet dans les deux cas.

D'après cette étude, c'est sur l'ammoniac que porte l'action oxydante de l'acide iodique, en donnant de l'eau, de l'iodure d'ammonium et de l'azote, ce qui explique le dégagement gazeux; et c'est l'iodure d'ammonium qui, en réagissant sur le bromure d'argent en solution, produit l'iodure d'argent, peu soluble à froid :

$$AzH^4IO^3 + 2AzH^3 = AzH^4I + 3H^2O + 2Az.$$

Restait à démontrer qu'il n'y a pas formation d'acide bromique. Cet acide ayant des propriétés oxydantes aussi nettes que l'acide iodique, il importait tout d'abord d'être fixé sur la stabilité du bromate d'ammonium dans les conditions précédentes et de vérifier qu'il n'est pas entièrement détruit, pour le cas où il s'en produirait. J'ai donc répété à 100°, 150°, 205°, avec l'ammoniaque et l'acide bromique, les expériences faites avec l'iodique.

L'acide bromique se comporte exactement comme l'acide iodique et les résultats sont en tous points comparables.

La pression gazeuse n'est appréciable que dans le tube qui a été chauffé à 205°, et les poids de bromure AgBr obtenus par addition de nitrate d'argent et saturation de l'ammoniaque par l'acide nitrique ont été fort différents dans les trois essais, soit sensiblement de même ordre de grandeur que les poids d'iodure obtenus avec l'acide iodique, mais sans que même à 205° en 5 heures la réduction de l'acide bromique soit totale. De telle sorte que s'il s'en formait dans l'action de l'acide iodique sur la solution ammoniacale de bromure d'argent on pourrait encore en retrouver en proportion appréciable à la fin de l'expérience. Or, dans les eaux mères des trois essais de la seconde série, séparées du précipité d'iodure et de bromure d'argent produit par acidification de la liqueur, on ne peut déceler la plus petite quantité d'acide bromique.

Traitons, en effet, ces eaux par un léger excès de nitrate d'argent, pour en séparer la plus grande partie de l'acide iodique; filtrons et lavons. Le bromate d'argent, s'il en existe, reste dissous surtout à la faveur du nitrate d'ammonium qui en augmente notablement la solubilité, sans favoriser celle de l'iodate. Puis par addition d'un peu de gaz sulfureux jusqu'à odeur persistante, les sels oxy-halogénés d'argent en solution (bromate et reste d'iodate) sont réduits et transformés en composés halogénés insolubles, qu'on recueille après avoir chassé l'excès de gaz sulfureux. Si l'on procède alors à l'attaque du précipité par le réactif sulfochromique (*Comptes rendus*, t. CXXVII, 1898, p. 1219) à chaud dans l'appareil distillatoire antérieurement décrit, on doit retrouver dans le condensateur le brome provenant de l'acide bromique. Dans aucun cas, il n'a été possible d'y retrouver la plus petite trace de brome; il n'y a donc pas eu d'acide bromique formé.

Lors d'un essai fait à 210° avec le chlorure d'argent, il m'a été facile, par la même méthode, de reconnaître qu'il ne se forme pas non plus d'acide chlorique. Outre le chlorure d'argent non décomposé, on ne peut déceler que de l'iodure d'argent en quantité très notable et du chlorure d'ammonium. Pour le chlorure, comme pour le bromure, la réaction est régie par

l'action réductrice que le gaz ammoniac exerce sur l'acide iodique; aussi, à chaque température, le phénomène reste-t-il identique à lui-même pour le chlorure et le bromure d'argent.

CHIMIE ANALYTIQUE. — *Sur une méthode volumétrique permettant le dosage simultané de l'acide carbonique et des autres acides de l'air atmosphérique.* Note de MM. **H. Henriet** et **M. Bouyssy**, présentée par M. A. Haller.

L'air des villes contient fréquemment, outre de l'acide carbonique, une petite proportion d'acides divers : sulfureux, formique, etc. Il résulte de ce fait que le dosage de l'acide carbonique au moyen des alcalis peut être sujet à erreur. Il y a donc intérêt, non seulement à éviter cette cause d'erreur, mais encore à chercher à évaluer la proportion des acides que l'air peut contenir indépendamment de l'anhydride carbonique.

Nous sommes parvenus à résoudre très simplement le problème, en utilisant la méthode de dosage de l'acide carbonique publiée par l'un de nous (1), et qui consiste à faire passer l'air dans une solution de soude ou de potasse et à titrer ensuite cette solution au moyen d'acide acétique avec la phénolphtaléine comme indicateur. Dans ces conditions, le virage se produit dès que le carbonate existant dans la liqueur est transformé en bicarbonate et la différence entre les volumes d'acide acétique versés dans le liquide d'essai et dans celui qui sert de repère, permet de calculer la quantité d'acide carbonique contenu dans l'air analysé.

Or, le volume d'acide acétique versé dans la liqueur d'essai est toujours inférieur à celui qui sature le repère et la différence des lectures correspond à la moitié de l'acide carbonique absorbé pendant le passage de l'air. L'acide carbonique étant le seul qui donne à la fois un sel neutre colorant la phénolphtaléine et un sel acide qui la laisse incolore, il s'ensuit que, pour tout autre acide, le volume d'acide acétique tenant lieu de lecture dans le titrage correspondra à la totalité de l'acide contenu dans l'air et non plus à la moitié.

Si donc on partage en deux le liquide alcalin dans lequel a barboté l'air et si l'on en titre une moitié comme il vient d'être dit, le volume d'acide acétique correspondant à la lecture devra être multiplié par 2 pour représenter l'acide carbonique total.

Si, dans l'autre moitié du liquide alcalin, on verse du chlorure de baryum, ce dernier transformera le carbonate alcalin produit en carbonate de baryum insoluble et l'alcali laissé libre et mesuré, sans décantation ni filtration préalable, au moyen de l'acide acétique, fournira sans qu'on multiplie par 2 (en ayant soin de faire un repère dans les mêmes conditions), une lecture qui correspondra à la totalité des acides de l'air, quels qu'ils soient.

---

(1) H. Henriet, *Comptes rendus*, t. CXXIII, p. 125.

De cette double opération il est facile de déduire le poids d'acide carbonique absorbé par la liqueur alcaline pendant le passage de l'air, ainsi que celui des autres acides.

En effet, exprimons d'abord les quantités qui vont suivre en acide acétique et soient : R, l'alcali libre total que contient le repère ; c, la proportion de CO^2 que cet alcali renferme toujours ; A, les acides de l'air autres que l'acide carbonique ; C, l'acide carbonique atmosphérique ; n, la lecture repère correspondant au premier mode de dosage ; n', la lecture de la solution dans laquelle l'air a barboté ; p, la lecture repère correspondant au second mode de dosage avec chlorure de baryum ; p', la lecture de la solution carbonatée, traitée de la même façon.

On a évidemment, dans le premier cas,

$$R+\frac{c}{2}=n \qquad \text{et} \qquad R+\frac{c}{2}-A-\frac{C}{2}=n' ;$$

dans le deuxième cas,

$$R=p \qquad \text{et} \qquad R-A-C=p'.$$

De ces équations on tire aisément les valeurs de A et de C, qui sont respectivement

$$A=2(n-n')-(p-p') \qquad \text{et} \qquad C=2[(p-p')-(n-n')].$$

On voit de suite que, pour que A soit nul, il faut que

$$2(n-n')=p-p',$$

c'est-à-dire que la différence des lectures dans le premier cas doit être exactement le double de celle qu'on obtient dans le second cas. Quand il en est ainsi, la valeur de C devient

$$C=2(n-n') \qquad \text{ou} \qquad C=p-p',$$

suivant qu'on emploie l'un ou l'autre mode de dosage ([1]).

On convertit ultérieurement les lectures en CO^2 quand elles sont relatives à ce gaz et l'on exprime les autres acides à volonté.

([1]) Dans le titrage direct, sans chlorure de baryum, il faut avoir soin que le rapport de l'alcali carbonaté à l'alcali total ne dépasse pas $\frac{2}{5}$. Si l'on augmentait cette proportion, la méthode ne serait plus rigoureuse.

CHIMIE ANALYTIQUE. — *Sur le dosage de l'acide tungstique et sa séparation d'avec d'autres corps, par l'emploi du mélange chlore et chlorure de soufre.* Note de M. **F. Bourion**, présentée par M. Le Chatelier.

Nous avons montré, M. Matignon et moi (*Comptes rendus*, t. CXXXVIII, 1904, p. 760), que lorsqu'on fait agir le mélange gazeux chlore et chlorure de soufre sur l'acide tungstique, il se forme deux oxychlorures volatils $TuOCl^4$ et TuO^2Cl^2.

J'ai constaté, depuis, qu'il se produit une réaction analogue lorsqu'on fait agir le mélange gazeux sur différentes combinaisons de l'acide tungstique, et qu'elle permettait de séparer quantitativement le tungstène des substances qui l'accompagnent, dans un certain nombre de cas. Cette méthode est particulièrement applicable lorsque les substances qui accompagnent le tungstène ne sont pas altérées ou donnent des chlorures fixes, dans les conditions de l'expérience.

La substance à analyser est contenue dans une nacelle de porcelaine ou mieux de silice, placée à l'intérieur d'un tube de verre vert chauffé sur une grille à analyse. Entre le tube et l'appareil à chlore se trouve un ballon renfermant du chlorure de soufre qu'on chauffe très légèrement.

Le chlore ne doit, en effet, contenir que des quantités extrêmement faibles de chlorure de soufre. Si l'on négligeait cette précaution, une quantité considérable de soufre et d'acide sulfurique provenant de la décomposition du chlorure de soufre en excès par l'eau, destinée à arrêter les produits volatilisés, viendrait souiller ces derniers et rendre leur dosage difficile ou impossible.

Le tube, dont l'extrémité antérieure est en relation avec le générateur amenant le mélange gazeux, est légèrement recourbé à son autre extrémité qui s'engage dans une éprouvette contenant de l'eau.

Un tube de Will et Warentrapp, contenant également de l'eau, fait suite à celle-ci. La substance est d'abord chauffée, pendant environ 45 minutes, à une température de 180°-190°, puis pendant le même temps à une température de 220°-250°, et l'on achève la réaction en chauffant progressivement de 250° à 500°, pendant un temps qui varie de 5 à 15 minutes suivant les cas.

Lorsque l'opération est terminée, on pèse la nacelle qui renferme les produits fixes. S'il se trouve parmi ceux-ci un oxyde inaltéré, de la silice par exemple, mêlé à un chlorure soluble, on a son poids en le recueillant sur filtre, après épuisement par l'eau.

On lave le tube et l'on réunit ces liqueurs à celles que renferment les tubes absorbeurs; s'il reste de l'acide tungstique contre les parois du tube, on le dissout dans l'eau ammoniacale.

Ces liqueurs, toujours très acides, sont concentrées au bain-marie, puis traitées par l'acide azotique, pour détruire les sels ammoniacaux et transformer en acide sulfurique les produits d'oxydation inférieure du soufre, et finalement évaporées à sec au bain de sable pour chasser l'acide sulfurique libre.

Le résidu est repris par une dissolution de nitrate d'ammoniaque, lorsque l'acide tungstique est seul, et par une dissolution renfermant en outre de l'acide chlorhydrique lorsqu'il se trouve en présence de fer, comme c'est le cas dans l'analyse d'un wolfram. On sépare l'acide tungstique par filtration.

Tungstate de soude. — Avec le tungstate de soude $TuO^4Na^2 + 2H^2O$, on a trouvé :

Poids de substance analysé.	Poids du résidu de NaCl.		Na pour 100.		Poids de AgCl correspondant au résidu de NaCl.	
	Observé.	Calculé.	Observé.	Calculé.	Observé.	Calculé.
0,7235	0,2573	0,2565	13,98	13,93	0,6280	0,6311

Dans cette expérience, l'acide tungstique n'a pas été recueilli, mais les résultats qui suivent montrent que la méthode est parfaite pour le dosage de cette substance.

Acide silicotungstique : $SiO^2, 12TuO^3 + Aq.$ — La substance a été préalablement calcinée avant d'être analysée :

	Poids de substance expérimenté.	Poids du résidu de silice.		SiO^2 pour 100.		TuO^3 pour 100.	
		Observé.	Calculé.	Observé.	Calculé.	Observé.	Calculé.
I..........	0,8510	0,0175	0,0179	2,07	2,11	»	»
II..........	0,6314	0,0127	0,0133	2,01	»	»	»
III........	0,8334	0,0179	0,0175	2,14	»	97,37	97,88

Pour obtenir des résultats exacts, il est nécessaire de calciner le résidu dans un courant d'air avant la pesée, parce que la silice retient une petite quantité de chlore et de chlorure de soufre.

Cette méthode, très précise, est beaucoup plus commode que la méthode au bisulfate ou celle au gaz chlorhydrique qui exige l'emploi d'un tube de porcelaine.

Silicotungstate d'ytterbium $(SiO^2, 12TuO^3)^3, 2Yb^2O^3$ $(Yb = 172,5)$:

Poids de substance analysé.	Résidu $3SiO^2 + 4YbCl^3$.		TuO^3.		TuO^3 pour 100.	
	Observé.	Calculé.	Observé.	Calculé.	Observé.	Calculé.
0,8627	0,1184	0,1199	0,7751	0,7732	89,84	89,63

Mélange de silice et d'acide tungstique. — Ce mélange a été obtenu en attaquant simultanément les corps préalablement pesés par du carbonate de soude, puis en les insolubilisant comme s'il s'agissait de la silice seule (Defacqz, *Comptes rendus*, 1896, p. 1288) :

Poids de SiO^2 initial.	TuO^3 initial.	Poids		SiO^2 pour 100.	
		de mélange expérimenté.	de SiO^2.	Observé.	Calculé.
0,0312	0,8147	0,7333	0,0286	3,84	3,83

Pour obtenir de bons nombres, il est nécessaire de chauffer plus longtemps à basse température que dans le cas précédent.

J'ai appliqué également l'application de la méthode à l'analyse du wolfram et de la scheelite.

CHIMIE PHYSIQUE. — *Sur la triboluminescence des substances minérales.* Note de M. **Adrien Karl**, présentée par M. Haller.

La triboluminescence semble une propriété assez générale des solides. Beaucoup de substances minérales qui ne paraissaient pas présenter sensiblement cette propriété auraient été considérées comme triboluminescentes, si l'œil avait été sensibilisé avant l'opération par un séjour assez prolongé dans l'obscurité. C'est ainsi que j'ai pu observer la triboluminescence de l'oxyde de thorium, des acides titanique, tungstique, de la zircone, du sulfure de cadmium, etc.

Comme autre cause d'insuccès on peut encore signaler la résistance à l'écrasement. C'est le cas de la silice naturelle qui devient très triboluminescente si on la raye à l'aide d'une meule d'émeri. Et aussi la trop grande fragilité à laquelle on peut obvier en plongeant le corps à étudier dans l'air liquide, ce qui le durcit et permet d'observer la triboluminescence. Mais il

y a des corps qui, dans quelques conditions qu'on se place, ne sont pas triboluminescents.

J'ai reconnu que, de même que dans le cas élucidé par M. G. Urbain de la phosphorescence, le phénomène exige, pour se produire, la coexistence d'un diluant et d'un phosphorogène; pour qu'il y ait triboluminescence, il faut de grandes proportions d'un diluant et de petites quantités d'un triboluminogène.

Les corps purs ne sont pas triboluminescents. Un système triboluminescent conserve presque toujours sa propriété lorsqu'on l'engage sous des formes chimiques diverses. C'est ainsi que l'oxyde de zinc manganifère triboluminescent donne encore des produits capables de produire ce phénomène quand on le transforme en nitrate ou en sulfate. Mais le produit résultant de la transformation en fluorure ne présente pas cette propriété.

Une étude systématique de certaines séries de mélanges a démontré l'existence d'optima d'éclat correspondant à des quantités très différentes de constituants.

Systèmes.	Optima approximatifs.
TuO^3ZnS	$\frac{1}{1000}$ de Tu
(MnZn)S	$\frac{1}{800}$ de Mn
(BaZn)S	$\frac{1}{700}$ de Ba
(PbZn)S	$\frac{1}{500}$ de Pb
(UZn)S	$\frac{1}{200}$ de U

Si l'on cherche les optima de phosphorescence cathodique des mêmes mélanges, on trouve des proportions tout à fait différentes, ce qui conduit à considérer pour chaque corps actif une action triboluminogène distincte de son action phosphorogène.

La sensibilité de la triboluminescence est très grande pour certains diluants. Un fractionnement de six mois portant sur dix fractions de nitrate de zinc a affaibli considérablement les propriétés triboluminescentes du sulfure, mais n'a pas entraîné leur complète disparition. L'oxyde préparé avec la même fraction n'était plus du tout triboluminescent. En général, une purification suffisamment poussée permet de constater l'extinction totale; j'ai observé, en particulier, le fait pour un acétate d'urane qui s'était montré tout d'abord nettement triboluminescent.

Des quantités croissantes de triboluminogène diminuent l'émission lumineuse; il suffit d'ajouter du diluant pour rendre au phénomène son éclat maximum.

J'ai particulièrement étudié les mélanges où le diluant était le sulfure ou l'oxyde de zinc et où l'on variait le triboluminogène. Tous les modes de préparation qui ont pour résultat le mélange intime des constituants peuvent être employés.

Je citerai la précipitation simultanée toutes les fois qu'elle est possible, et l'évaporation à sec des solutions. J'ai porté ensuite le sulfure de zinc à haute température au four de Mermet dans un courant d'hydrogène sulfuré. Je me suis borné à chauffer les oxydes tantôt au four de Forquignon et Leclerc, tantôt au four à moufle. Les divers triboluminogènes employés ont été : l'argent, le plomb, le tungstène, l'étain, le bismuth, le cuivre, le cadmium, le nickel, le manganèse, l'uranium, le tantale, le niobium, le thorium, le fer, le chrome, le triconium, le baryum, le calcium, le vanadium, le praséodyme, le samarium, le dysprosium, le magnésium et le silicium.

La coloration de la lumière émise varie avec le triboluminogène; elle est, par exemple, bleue avec le plomb, orangée avec le manganèse. Le diluant a influé aussi sur la couleur de la lumière émise; ainsi dans le système (TiO^2, ZnO) la triboluminescence est violet pâle, avec (TiO^2, ZnS) elle est vert foncé.

Enfin, la coloration n'est pas forcément la même que dans le cas de la phosphorescence des mêmes mélanges.

La triboluminescence apparaît donc comme une propriété des solutions solides à un certain degré de dilution, elle est par là très analogue à la phosphorescence et obéirait d'ailleurs, d'après ce qui précède, à des lois semblables.

Je poursuis actuellement ces recherches.

ZOOLOGIE. — *Sur la nature syncytiale de l'intestin des* Rhabdocœles. Note de M. **Paul Hallez**, présentée par M. Yves Delage.

Tous les auteurs parlent de l'épithélium intestinal des Rhabdocœles. Dans le dernier travail paru sur l'embryogénie de ces animaux, E. Bresslau ([1]) qui d'ailleurs, a surtout étudié le développement du pharynx, dit que les cellules périphériques indifférenciées de l'embryon se rapprochent pour former un épithélium continu. Cependant la question de savoir si les *Rhabdocœles* ont une lumière intestinale a été discutée. Pour von Jhering ([2]), cette lumière fait défaut; cet auteur considère l'intestin comme

([1]) *Zur Entw. der Rhabdocœlen* (*Zeitsch. f. w. Zool.*, 1899, p. 428).
([2]) *Graffilla muricicola* (*Zeitsch. f. w. Zool.*, 1880).

une masse solide et, si dans la plupart des cas on y distingue une lumière, celle-ci serait produite par des ruptures résultant des méthodes de conservation. Cette conception de von Jhering a été discutée, notamment, par L. Böhmig [1] qui admet avec la majeure partie des zoologistes que, si l'intestin tantôt présente une lumière et tantôt n'en présente pas, cela tient à l'état de ses cellules épithéliales, suivant qu'elles sont gonflées par les aliments ou qu'elles ont diminué de volume sous l'influence du jeûne.

Mes observations permettent, je crois, de résoudre cette question; elles portent sur le *Proderostoma cardii* qui est voisin des *Graffilla*.

Quand, après la segmentation, le pharynx s'est constitué et que l'épiderme en voie de formation ne présente pas encore à sa surface les corpuscules basaux qui précèdent l'apparition des cils vibratiles, l'embryon est une masse pleine. Cette masse comprend les ébauches du cerveau et des yeux, quelques amas ventraux de cellules embryonnaires qui deviendront les ébauches des organes génitaux et des balles vitellines dorsales et centrales. Entre ces balles vitellines s'insinuent des blastomères migrateurs amœboïdes qui s'étendent à leur surface et sont identiques aux blastomères qui formeront les cellules conjonctives et très différentes, par contre, des cellules embryonnaires indifférenciées, ébauches des autres organes. Les cellules qui entourent les balles entrent en coalescence les unes avec les autres par leurs prolongements et forment un syncytium plurinucléé, dans les mailles duquel sont emprisonnées les réserves nutritives qui diminuent progressivement à partir du moment où se constituent les organes génitaux.

On voit donc que chez l'embryon : 1° l'intestin n'a pas de lumière; 2° le syncytium digestif ne peut être différencié du syncytium conjonctif que parce qu'il emprisonne dans ses mailles le reste du lécithe.

A aucun stade du développement l'intestin ne présente un épithélium. Chez l'adulte, cet organe est encore formé par un syncytium dans le réseau duquel le lécithe est remplacé par des vacuoles alimentaires et d'excrétion. Dans toute la masse syncytiale, sont irrégulièrement épars des noyaux qui sont identiques à ceux des cellules libres du mésenchyme, et dans les coupes il est parfois impossible d'établir une démarcation nette entre l'intestin et le tissu conjonctif ambiant, dont les prolongements sont en rapport avec ceux de l'intestin.

Celui-ci présente cependant chez les adultes une lumière tantôt réduite, tantôt très grande. Je ne puis pas admettre que cette lumière intestinale résulte d'un décollement produit par les réactifs, et cela pour plusieurs raisons. D'abord, s'il y avait rupture, on en trouverait bien la trace dans les coupes sous forme de trabécules protoplas-

---

[1] *Das genus Graffilla* (*Zeitsch. f. w. Zool.*, 1886).

miques, ou d'irrégularité dans le contour de la lumière, ce qu'on n'observe pas. Ensuite il y a l'examen du contenu de la lumière. Celui-ci consiste tantôt en granulations très fines ressemblant à un coagulum, et en tout semblables, par leurs caractères et leur mode de coloration, aux granulations qu'on observe dans l'estomac du *Cardium* où elles constituent la flèche tricuspide et le mucus dont vraisemblablement le *Proderostoma* se nourrit. Tantôt ce sont de petits grains d'excrétion parfois cristallisés et des petites sphères hyalines entourées d'une mince couche de protoplasme et contenant contre leur paroi interne un granule lenticulaire se colorant fortement par l'hémalun. On peut suivre dans le syncytium intestinal toutes les phases de la transformation des noyaux de l'intestin en ces sphères qui sont le résultat final d'une nécrobiose hyaline des noyaux. Ces noyaux dégénérés s'observent dans les cas où la lumière est grande. Certaines préparations montrent leur accumulation vers la partie centrale du syncytium et leur isolement par rétraction du plasmode. Ces granules, sur la nature desquels on n'était pas fixé, ont été observés chez d'autres *Rhabdocœles*. Je les ai vus notamment chez *Vortex viridis* où j'ai pu constater qu'ils sont vomis avec les parties indigestes, telles que les squelettes des Diatomées, à la suite d'un lavage de l'intestin que j'ai fait connaître depuis longtemps.

Quant à la perte de substance subie ainsi par le syncytium intestinal, j'ai la conviction qu'elle est compensée par les cellules libres du mésenchyme qui se multiplient par amitose et sont les éléments essentiels des phénomènes de rédintégration. Ces cellules migratrices s'observent en effet notamment à la périphérie du syncytium intestinal avec lequel elles sont souvent en contact. Il se produit donc une véritable rénovation de l'intestin.

On voit que von Jhering a raison en ce sens que l'intestin des *Rhabdocœles* est chez l'embryon un organe massif, et chez l'adulte un plasmode comme chez les *Acœles*. Une lumière n'en existe pas moins chez l'adulte, mais elle est une simple vacuole du syncytium.

Un fait important, c'est qu'il n'y a chez ces animaux aucune distinction, ni au point de vue histologique, ni au point de vue de l'origine, entre l'intestin et le mésenchyme. Il n'y a même pas trace du rudiment endodermique représenté chez les Triclades par les quatre cellules temporaires que j'ai fait connaître en 1887.

PHYSIOLOGIE. — *Action comparée de l'eau salée simple et des sérums artificiels à minéralisation complexe sur le sang et la circulation.* Note de M. C. **Fleig**, présentée par M. Bouchard.

Introduits dans l'organisme, les sérums à minéralisation complexe dont j'ai antérieurement indiqué la composition provoquent dans le sang et le

système circulatoire des modifications plus marquées que ne le fait l'eau salée simple à 8 ou 9 pour 100. Les effets produits intéressent notamment la *coagulation du sang, le nombre des globules et diverses de leurs propriétés*, les variations de la *pression sanguine* et de l'*activité cardiaque*. Suivant les cas, j'ai utilisé les *petites injections répétées*, les *injections massives*, les *injections prolongées à vitesse lente*.

L'eau salée physiologique elle-même, ainsi qu'il résulte des travaux de Hayem, Fancy, Fourmeaux, Tuffier, augmente déjà la coagulabilité du sang. L'hémorragie en nappe produite par la section transversale d'un muscle diminue nettement et s'arrête même sous l'influence d'injections d'eau salée simple faites par diverses voies. J'ai recherché ce que produiraient dans ces conditions les injections de sérums artificiels à minéralisation complexe.

Chez le lapin, l'*hémorragie en nappe produite par la section du grand fessier* s'arrête spontanément au bout de 20 minutes en moyenne (des pinces étant posées sur les artères de calibre suffisant); si, 3 minutes après qu'elle a commencé, on injecte dans les veines 10^{cm^3} à 15^{cm^3} d'eau salée à 8 ou 9 pour 100, on la voit 5 à 8 minutes plus tard diminuer et s'arrêter; mais, *si au lieu d'eau salée simple on injecte des sérums artificiels à minéralisation complexe, et notamment des sérums contenant une proportion élevée de sel de chaux* (1,5 *à* 3 *pour* 1000), *les mêmes effets se produisent déjà* 1 *minutes* 15 *secondes à* 4 *minutes après l'injection*. De plus, si le sérum est administré préventivement, l'hémorragie capillaire de la surface de section est faible et moins marquée que si l'on a injecté de l'eau salée pure. Cette action pourrait être utilisable dans des hémorragies de diverse nature, et même avant certaines interventions chirurgicales, *à titre préventif*, lorsqu'on a à redouter les hémorragies en nappe. Dans le cas de l'eau salée simple, lorsqu'on pratique l'injection pendant l'hémorragie, si au lieu d'employer de petites quantités de sérum on injecte des *doses massives* (100^{cm^3} chez le lapin), on n'obtient *pas d'effet hémostatique;* l'excès de pression *momentané* et la dilution trop grande de la masse sanguine ainsi réalisés peuvent expliquer le fait. Dans le cas de sérums à minéralisation complexe au contraire, on peut, dans les mêmes conditions, obtenir souvent l'effet hémostatique. Ces divers résultats sont fournis par les moyennes d'expériences faites soit sur des lots de lapins comparables, soit, ce qui les rend plus démonstratives encore, sur un même animal utilisé à des époques différentes.

Le mécanisme de l'action hémostatique relève à la fois d'une *augmentation de coagulabilité du sang* et de *modifications vaso-motrices*. L'eau salée physiologique augmente *in vivo* la coagulabilité; mais l'augmentation est beaucoup plus intense pour les sérums complexes. Cette différence est d'ailleurs beaucoup plus accentuée encore sur le sang étudié *in vitro*. D'autre part, l'intervention d'une action vaso-constrictive est beaucoup plus facile à

mettre en évidence pour les sérums à minéralisation complexe fortement calcique que pour l'eau salée ordinaire : pour celle-ci, la hausse de pression est toujours nulle ou insignifiante, tandis que pour les autres sérums elle est infiniment plus nette et prolongée. L'addition à ces sérums eux-mêmes d'une proportion convenable de *sérum sanguin* (10 à 20 pour 100) augmente encore leur effet hémostatique; le sérum sanguin agit, lui aussi, par un double mécanisme, à la fois, selon nous, sur la *coagulation* et sur le *système vasculaire* par les *vaso-constrictives* qu'il contient.

L'action des sérums artificiels à minéralisation complexe sur les *globules rouges* est un autre indice de leur supériorité vis-à-vis de l'eau salée simple. Des numérations quotidiennes de globules faites comparativement chez des lapins ayant subi des saignées assez abondantes et soumis à des injections consécutives répétées des divers sérums montrent que *le taux normal des globules se rétablit plus vite sous l'influence des sérums complexes que de l'eau salée*. De plus, la *résistance globulaire* (méthode de Hamburger) reste moins diminuée dans le premier cas que dans le second.

Les mêmes sérums complexes exercent sur les globules rouges dépouillés du sérum sanguin par centrifugation et lavages successifs (et conservés *in vitro* à basse température) une *action moins altérante que la simple eau salée :* les globules s'y laquent moins vite et peuvent être réinjectés dans le torrent circulatoire sans se détruire, après un temps de séjour hors du corps plus long que s'ils eussent été conservés dans l'eau salée (conséquence de la différence de résistance globulaire).

Pour les effets sur la pression sanguine, les sérums à minéralisation complexe se comportent à peu près comme l'eau salée lorsque la pression est normale; ils ne l'augmentent nettement que s'ils contiennent une proportion élevée de sel de calcium. Mais *les effets diffèrent surtout lorsque la pression a été préalablement abaissée,* par une saignée, par exemple : dans ce cas, un sérum complexe ne contenant qu'une faible proportion de sel de chaux a, en général, une action hypertensive déjà plus marquée que l'eau salée simple ; mais le sérum dont la teneur en sel de chaux est élevée a une action plus manifeste encore. Il est capable, notamment, de ramener la pression à la normale, employé à des doses très inférieures à celles qui seraient nécessaires pour produire le même résultat avec l'eau salée. La même différence dans l'intensité d'action se retrouve encore si les injections sont faites chez des animaux infectés (hypotendus par vaso-dilatation d'origine toxique).

L'*activité cardiaque*, enfin, est accrue fortement par les injections de sé-

rums à minéralisation complexe et à proportion de chaux élevée, tandis qu'avec l'eau salée elle n'est modifiée qu'avec l'emploi de très fortes doses. Ces conclusions sont basées sur des expériences faites chez le lapin ou chez le chien, soit sur le *cœur isolé du corps*, en circulation artificielle, soit sur l'*animal entier;* dans ce dernier cas, on appréciait l'intensité des contractions du cœur sur la courbe de la pression sanguine ou sur la courbe obtenue en enregistrant les variations de la pression intra-péricardique au moyen d'un tube rigide lié sur le péricarde et relié à un tambour de Marey.

PHYSIOLOGIE. — *Action des acides sur la coagulation du lait par les présures végétales*. Note (¹) de M. C. **Gerber**, présentée par M. A. Giard.

Des recherches antérieures nous ont permis d'établir que l'addition de sels neutres de potassium et de sodium, en quantités croissantes, à du lait emprésuré par des sucs végétaux, active d'abord la caséification (doses faibles), la ralentit ensuite (doses moyennes), puis l'accélère de nouveau (doses fortes).

Nous avons montré que l'accélération primitive est ordinairement marquée, dans le cas des présures animales, par la précipitation de la chaux, qui est beaucoup plus nécessaire au fonctionnement de celles-ci qu'à celui des présures animales. Mais, pour faire apparaître cette accélération, il suffit de remplacer les sels neutres par les sels acides. Aussi avons-nous pu généraliser la loi d'action que Duclaux, Lörcher, etc. (présures animales) et Javillier (présures végétales) considéraient comme spéciale aux sels des métaux du groupe du calcium et opposaient à celle des métaux du groupe du potassium. Elle semble bien régir tous les sels solubles capables, à une certaine dose, de précipiter les substances protéïques du lait.

Cette dernière propriété appartenant aussi aux acides, nous nous sommes demandé s'ils n'obéiraient pas à la même loi. Il est vrai que les recherches de Duclaux, Arthus, etc. (présures animales) et Javillier (présures végétales) montrent que les acides sont accélérateurs à toute dose; mais ce dernier auteur a opéré avec du lait bouilli, et l'action retardatrice des albuminoïdes du lait coagulables par la chaleur, si marquée pour les présures végé-

---

(¹) Présentée dans la séance du 18 mai 1908.

tales, nous donnait l'espoir de mettre cette loi en évidence en nous adressant au lait cru emprésuré par des sucs végétaux :

1° Avec les présures végétales qui, à toute température, coagulent plus difficilement le lait cru que le lait bouilli (et c'est la grande majorité), tous les acides sont retardateurs à doses faible et moyenne, accélérateurs à forte dose (1er Tableau, *Coronilla juncea* L.);

2° Pour les présures végétales avec lesquelles la coagulation du lait cru est plus difficile que celle du lait bouilli, uniquement aux températures élevées, il n'y a que les acides organiques possédant plus de deux fonctions acides qui soient retardateurs dès le début (acide citrique) [1]. Les acides organiques à deux fonctions acides font apparaître, à faible dose, une phase accélératrice qui diminue d'autant la phase retardatrice suivante (acide succinique) [1].

Secondes nécessaires à la coagulation du lait, à 40°, par le suc de *Coronilla juncea* L., en présence des acides

Hydrogènes milligr. acides par litre de lait.	citrique.		succinique.		butyrique.		phosphorique.		chlorhydrique.	
	Lait cru.	Lait bouilli.	Lait cru.	Lait bouilli.	Lait cru.	Lait bouilli.	Lait cru.	Lait bouilli.	Lait cru.	Lait bouilli.
0......	2390	5490	2870	5040	2930	4320	5340	7680	5120	7500
2,5....	2420	5180	3080	4290	3100	3420	5450	7260	5610	6570
5......	2440	4960	3360	3480	3400	2640	5560	6960	6080	5200
7,5....	2490	4750	3660	3010	3800	2200	5650	6540	6840	4140
10......	2550	4570	3870	2680	4200	1440	5760	6040	8260	3010
12,5....	2650	4320	4310	1780	4600	820	5880	5400	9450	2040
15......	2780	3960	5050	1410	5150	390	5980	4920	11300	770
17,5....	2895	3600	5920	1040	5320	200	6060	4440	12300	440
20......	3020	3300	6160	650	5390	100	6140	4080	11200	100
22,5....	3120	3020	6280	290	5330	30	6240	3540	8160	40
25......	3250	2700	6140	130	5140	(2)	6360	3120	6480	(2)
27,4....	3360	2410	5820	50	4540	»	6490	2460	(2)	»
30......	3480	2120	5215	(2)	4100	»	6600	1960	»	»
32,5....	3590	1820	4520	»	3600	»	6870	1440	»	»

(1) La seconde phase accélératrice (doses fortes d'acide) n'apparaît pas ici, car la coagulation de la caséine par les acides seuls se produit dès que celle-ci subit, aux températures élevées (55°), du fait de ces acides, une modification, si légère soit-elle, dont la persistance, aux températures moyennes (40°), rend le lait plus facilement caséifiable.

(2) Coagulation sans présure.

Secondes nécessaires à la coagulation du lait, à 40°, par le suc de *Coronilla juncea* L., en présence des acides

Hydrogènes milligr. acides par litre de lait.	citrique. Lait cru.	citrique. Lait bouilli.	succinique. Lait cru.	succinique. Lait bouilli.	butyrique. Lait cru.	butyrique. Lait bouilli.	phosphorique. Lait cru.	phosphorique. Lait bouilli.	chlorhydrique. Lait cru.	chlorhydrique. Lait bouilli.
35......	3670	1515	3960	»	1720	»	7100	980	»	»
37,5....	3780	1200	3640	»	(¹)	»	7310	660	»	»
40......	3890	840	3380	»	»	»	7500	490	»	»
42,5....	3980	500	3160	»	»	»	7620	240	»	»
45......	4080	250	2985	»	»	»	7720	150	»	»
47,5....	4320	135	2760	»	»	»	7755	50	»	»
50......	4530	55	2535	»	»	»	7800	20	»	»
52,5....	4680	(¹)	(¹)	»	»	»	7840	(¹)	»	»
55......	4280	»	»	»	»	»	7700	»	»	»
57,5....	3660	»	»	»	»	»	7480	»	»	»
60......	2940	»	»	»	»	»	7060	»	»	»
62,5....	1940	»	»	»	»	»	6710	»	»	»
65......	1240	»	»	»	»	»	6360	»	»	»
67,5....	680	»	»	»	»	»	5100	»	»	»
70......	590	»	»	»	»	»	(¹)	»	»	»
72,5....	490	»	»	»	»	»	»	»	»	»
75......	(¹)	»	»	»	»	»	»	»	»	»

Enfin, les acides organiques à une seule fonction acide et tous les acides minéraux sont accélérateurs à toute dose (2ᵉ Tableau, *Ficus carica* L.).

Secondes nécessaires à la coagulation du lait cru, à 55°, par les sucs de

Hydrogènes milligr. acides par litre de lait.	*Ficus carica* en présence des acides: citr.	succ.	but.	phosph.	chlor.	*Broussonetia papyrifera* en présence des acides: citr.	succ.	but.	phosph.	chlor.
0......	2820	4600	4620	3990	3930	2220	2210	2270	1680	1840
2,5....	3080	4190	4200	3780	3630	2125	2080	2090	1520	1520
5......	3220	3920	3880	3440	3330	2060	1970	1960	1455	1385
7,5....	3320	3830	3620	3380	3000	2000	1850	1870	1390	1265
10......	3420	3720	3380	2880	2830	1900	1690	1760	1340	1155
12,5....	3550	3640	3180	2750	2780	1810	1600	1650	1290	1070
15......	3720	3580	3110	2600	2760	1995	1510	1525	1240	990
17,5....	3990	3530	3000	2530	2730	2125	1440	1480	1195	935
20......	4080	3370	2970	2310	2690	2180	1390	1400	1135	865

(¹) Coagulation sans présure.

Hydrogènes milligr. acides par litre de lait.	Secondes nécessaires à la coagulation du lait cru, à 55°, par les sucs de *Ficus carica* en présence des acides					*Broussonetia papyrifera* en présence des acides				
	citr.	succ.	but.	phosph.	chlor.	citr.	succ.	but.	phosph.	chlor.
22,5....	4210	3400	2890	2270	2620	2230	1340	1330	1095	595
25......	4310	3430	2790	2220	(1)	2355	1260	1265	1070	(1)
27,5....	4450	3480	2480	2190	»		1160	1145	980	»
30......	4860	3810	1950	2020	»		1090	1050	895	»
32,5....	5270		720	1940	»		1020	620	865	»
35.....		(2)	(1)	1850	»		920	(1)	830	»
37,5...			»	1720	»	(2)	840	»	765	»
40.....	(2)		»	1600	»		620	»	715	»
42,5...		(1)	»	1510	»		(1)	»	610	»
45.....			»	1430	»		»	»	580	»
47,5....	(1)	»	»	1340	»	(1)	»	»	550	»
50......	»	»	»	1120	»	»	»	»	500	»
52,5....	»	»	»	(1)	»	»	»	»	(1)	»

3° Avec les rares présures végétales coagulant plus facilement le lait cru que le lait bouilli, tous les acides minéraux et seulement les acides organiques ayant moins de trois fonctions acides sont constamment accélérateurs. Quant aux acides organiques tribasiques, ils se comportent comme les bibasiques du cas précédent; ils sont accélérateurs à faible dose, et retardateurs à dose moyenne (1) (2e Tableau, *Broussonetia papyrifera* L.).

On voit que les présures végétales ne font pas exception à la règle générale des diastases oxyphiles. Comme avec celles-ci, mais à condition d'opérer sur le lait cru et de choisr l'acide, il existe une dose optima d'acide pour laquelle ces présures sont le plus actives. Au-dessous et au-dessus de cette dose, elles agissent plus lentement.

ÉNERGÉTIQUE. — *Étude expérimentale du travail de coupage des sarments pour boutures.* Note de M. A. Imbert, présentée par M. Bouchard.

En utilisant le principe du dispositif que j'ai antérieurement employé pour l'étude expérimentale du transport des charges avec le *cabrouet* ou

(1) Coagulation sans présure.
(2) Pas de coagulation au bout de 120 minutes.

diable, j'ai pu faire une étude analogue pour le travail de coupage de sarments en vue de la préparation de boutures.

L'un des manches du sécateur employé à ce travail est sectionné et les deux parties sont réunies, d'une part, au moyen d'une charnière, d'autre part, au moyen d'une lame d'acier dont les déformations, au moment des efforts de coupage, sont recueillies par une petite poire en caoutchouc communiquant avec un tambour muni d'un stylet qui inscrit ces déformations et, par suite, ces efforts sur un cylindre enregistreur.

Il est en outre facile d'établir une graduation expérimentale du sécateur en faisant inscrire les déplacements du stylet lorsqu'on actionne l'instrument au moyen de poids connus et croissants.

Cette graduation établie, il suffit d'inscrire les efforts nécessités par la section de sarments de divers diamètres pour pouvoir, par comparaison, évaluer en kilogrammes les efforts musculaires réalisés dans chaque cas.

Il est de même possible d'évaluer en kilogrammètres le travail correspondant au coupage d'un sarment quelconque. A cet effet, on fixe dans un étau le manche non sectionné du sécateur entre les lames duquel on dispose, dans une position invariable, le sarment à couper, et l'on opère la section par la chute d'un poids qui agit sur le manche pourvu du dispositif enregistreur décrit plus haut.

Telles sont la technique et les données expérimentales grâce auxquelles j'ai pu évaluer en kilogrammes et en kilogrammètres les efforts musculaires et le travail des ouvrières pour la préparation de 1000 boutures, nombre qui est, en quelque sorte, pris comme unité dans la fixation du salaire ($0^{fr},65$ par millier de boutures préparées).

Pratiquement, les boutures sont divisées en deux catégories (petites et grosses), dont il est facile, avec le compas d'épaisseur, de déterminer les diamètres moyens à chaque extrémité.

De ces mesures et des graduations expérimentales dont j'ai parlé ci-dessus on déduit les nombres du Tableau suivant :

	Diamètres moyens. — Extrémités		Efforts de coupage. — Extrémités		Travail de coupage. — Extrémités	
	grêle.	grosse.	grêle.	grosse.	grêle.	grosse.
	mm	mm	kg	kg	kgm	kgm
Petites boutures...	2,56	6,40	1,5	4,0	0,045	0,165
Grosses boutures...	7,43	9,65	5,5	10,5	0,280	0,575

Il suffit dès lors de compter les grosses et les petites boutures qui se

trouvent dans un paquet de 1000 pour pouvoir calculer l'effort musculaire total et le travail correspondant à la préparation de 1000 boutures.

On trouve ainsi :

Effort musculaire total	$9046^{kg},5$
Travail dynamique total	$445^{kgm},46$

Les rapports entre ces nombres et le salaire fournit, d'autre part, un élément qui intéresse plus particulièrement les économistes : chaque centime de salaire correspond à un effort musculaire de 139^{kg} et à un travail de $6^{kgm},84$.

L'énorme disproportion qui existe entre ces nombres de kilogrammes et de kilogrammètres tient d'ailleurs à ce que, dans le travail professionnel que nous venons d'évaluer en efforts musculaires et en travail mécanique, l'un des facteurs par lesquels se mesure ce travail est très faible. C'est là un nouvel exemple de l'insuffisance fréquente de la notion *travail mécanique* pour l'appréciation de la dépense d'énergie par un moteur animé.

L'observation directe des ouvrières en travail continu normal montre que, lorsque l'effort de coupage atteint ou dépasse 5^{kg} environ, les ouvrières substituent, aux muscles fléchisseurs des doigts, les muscles, plus puissants, extenseurs de l'avant-bras; à cet effet, elles immobilisent la main qui tient le sécateur contre la cuisse et coupent par une extension de l'avant-bras sur le bras. Comme l'effort maximum des fléchisseurs des doigts, mesuré au dynamomètre médical, a été trouvé compris entre 30^{kg} et 35^{kg}, il y a lieu de conclure qu'un effort des fléchisseurs, fréquemment répété, et égal à $\frac{1}{6}$ ou $\frac{1}{7}$ de l'effort maximum, est ressenti comme assez pénible pour que l'organisme cherche à s'y soustraire, quand la chose lui est possible. Ce rapport ($\frac{1}{6}$ à $\frac{1}{7}$) est notablement plus petit que celui ($\frac{1}{9}$) indiqué par Coulomb, pour des hommes effectuant des travaux de terrassement,

Des ouvrières, travaillant cependant depuis un même nombre d'années au travail de coupage, peuvent être très inégalement habiles. Il résulte de multiples observations que les causes de la supériorité professionnelle d'une ouvrière, pour ce travail de coupage qui apparaît comme essentiellement mécanique, ne résident pas en des qualités physiques (force musculaire, rapidité des mouvements), mais relèvent de facultés cérébrales, grâce auxquelles l'ouvrière habile imagine et adopte des détails de technique qui se traduisent tous par une économie de temps.

Quant à ces détails, si la plupart peuvent être constatés par la seule ob-

servation directe, il en est que j'ai pu découvrir seulement d'après les caractères très spéciaux des tracés obtenus avec le sécateur enregistreur, caractères dont j'ai pu déterminer l'origine et la signification en arrivant à les reproduire moi-même à volonté.

MÉDECINE. — *Étude de l'action bactéricide du sérum antivirulent sur les germes adventices du vaccin.* Note [1] de M. L. Camus, présentée par M. Bouchard.

La présence de microbes dans la pulpe vaccinale a depuis longtemps retenu l'attention des bactériologistes; les uns ont cru reconnaître parmi ces êtres des agents spécifiques du vaccin, tandis que d'autres leur ont attribué un rôle adjuvant dans le développement des pustules.

La stérilisation des pulpes par le vieillissement et les substances chimiques n'a pas fait perdre aux germes adventices toute leur importance. S'il est bien démontré aujourd'hui que le vaccin peut être facilement dépouillé de la flore microbienne qui le souille au moment de la récolte, sans perdre sa virulence, il ne reste pas moins à se demander si cette opération est sans effet nuisible pour le virus vaccinal. Tout le monde sait qu'une pulpe stérilisée peut être une pulpe très active, mais toutes les pulpes stériles ne conservent pas intégralement leur activité. Dans ses Rapports et ses Communications à l'Académie de Médecine, M. Kelsch a insisté à plusieurs reprises sur les inconvénients que peut présenter la stérilisation excessive des pulpes. « A notre avis [2], toute agression contre les microbes soi-disant adventices des pulpes quelle que soit sa nature, a toute chance d'atteindre le germe spécifique du même coup que les autres et doit, par conséquent, être considérée comme suspecte dans la pratique. » Les microbes seraient donc, jusqu'à un certain point, comme les témoins de la virulence du vaccin. Quoi qu'il en soit, ils tiennent encore une place importante dans les études sur le vaccin et c'est pourquoi j'ai pensé qu'il pourrait être utile de recher-

---

[1] Présentée dans la séance du 18 mai 1908.

[2] Kelsch, *Rapport général présenté à M. le Ministre de l'Intérieur par l'Académie de Médecine sur les vaccinations et revaccinations pratiquées en France et aux Colonies pendant l'année* 1905, p. 51. Paris, 1908.

cher si le sérum qui détruit le virus-vaccin agit aussi sur les microbes adventices.

Technique. — Le vaccin a été ensemencé comparativement dans le sérum d'animal immunisé et dans le sérum normal ou dans l'eau salée physiologique. La durée de contact étant restée la même et ayant eu lieu dans les mêmes conditions de température, les différents liquides ont été mélangés à de la gélose fondue et étalés en plaque. Pour écarter autant que possible les causes d'erreurs dues à la présence de grumeaux dans les ensemencements, les dilutions de vaccin qui ont servi aux expériences ont été préalablement centrifugées quelques instants et ont été rendues ainsi plus homogènes. La numération des plaques a été faite avec le plus grand soin et dans toute l'étendue des boîtes après 24 heures de séjour à l'étuve.

Une première série de recherches sur les mélanges (vaccin + sérum), (vaccin + sérum chauffé à 72°), (vaccin + eau salée) montre que le sérum antivirulent est très bactéricide et que le chauffage à 72° lui fait perdre cette propriété. Les résultats rapprochés de ceux des inoculations sont assez intéressants.

Vaccin + sérum non chauffé.		Vaccin + sérum chauffé.		Vaccin + eau salée.	
Pustules.	Colonies.	Pustules.	Colonies.	Pustules.	Colonies.
0	3	1	144	34	44

A première vue, on est immédiatement frappé du parallélisme des résultats des deux premières colonnes, et l'on serait tenté de conclure que l'action antivirulente et l'action bactéricide du sérum appartiennent à une même substance. Il n'en est rien, car le chauffage à 72° suffit pour établir une distinction très nette; le sérum porté à 72° conserve son action antivirulente, mais perd son action bactéricide. Le chauffage semble même faire plus, il rend le sérum apte à favoriser le développement microbien, puisque dans le sérum chauffé les microbes se développent mieux que dans l'eau salée. Cette première série d'expériences exigeait donc que, comparativement, le vaccin fût ensemencé, non pas dans l'eau salée physiologique, mais dans le sérum d'un lapin normal.

J'ai fait plusieurs expériences de ce genre et il est facile de constater, comme le montre d'ailleurs le Tableau suivant, que le sérum de l'animal immunisé est au point de vue bactéricide tout à fait équivalent au sérum normal. L'action bactéricide, très marquée quand le contact a lieu à 37°,

ne se produit pas ou est peu appréciable à 16°. Le chauffage préalable à 73° fait perdre au sérum sa propriété bactéricide.

Vaccin + sérum non chauffé.				Vaccin + sérum chauffé (5ᵐ à 73°).	
1ʰ de contact à 16°.		1ʰ de contact à 37°.		1ʰ de contact à 37°.	
Sérum immunisé.	Sérum normal.	Sérum immunisé.	Sérum normal.	Sérum immunisé.	Sérum normal.
4035	3802	521	571	8626	8564

Il est même possible de montrer que le sérum chauffé à 72° n'a pas simplement perdu son action bactéricide, mais qu'il est devenu apte à favoriser le développement des germes adventices du vaccin.

	Ensemencement pratiqué après 2ʰ de contact à 37°.		Ensemencement pratiqué sans délai.
	Vaccin + sérum non chauffé.	Vaccin + sérum chauffé.	Vaccin + sérum non chauffé.
Sérum immunisé...........	0	934	213
Sérum normal..............	10	1041	182

Le chauffage à 56°-58° qui fait perdre aux sérums leur alexine et la plus grande partie de leur toxicité ne détruit pas leur propriété bactéricide pour les germes adventices du vaccin.

Numéro des expériences.	Mélange (vaccin + sérum) maintenu à 37° avant l'ensemencement.			Mélange (vaccin + sérum) maintenu 3ʰ à 10°.
	Sérum non chauffé.	Sérum chauffé à 56°-58°.	Sérum chauffé 5ᵐ à 73°-74°.	Sérum non chauffé.
XVIII.....	15	20	»	181
XIX......	2	10	754	»

De ces expériences il faut donc retenir que le pouvoir bactéricide et le pouvoir antivirulent sont distincts dans le sérum. Chez les seuls animaux vaccinés, le sérum est antivirulent, mais chez les animaux normaux le sérum est bactéricide comme chez les animaux vaccinés.

La vaccination ne fait pas apparaître dans le sérum une action bactéricide spécifique vis-à-vis des germes adventices du vaccin, et l'on peut par le chauffage dissocier les propriétés bactéricides et antivirulentes qui coexistent

dans le sérum des animaux vaccinés. La propriété bactéricide est détruite par une température comprise entre 58° et 72°; la propriété antivirulente résiste au contraire à un chauffage à 72°.

Les sérums permettent ainsi de réaliser une séparation très complète du virus-vaccin et des germes adventices ; on peut, en effet, par leur moyen, détruire à volonté, dans une solution de vaccin, soit le virus-vaccin, soit les germes adventices. En mélangeant une solution de vaccin avec du sérum normal on fait disparaître les germes adventices sans détruire le virus-vaccin, et en mettant en contact une solution de vaccin avec du sérum d'immunisé chauffé à 70° on détruit le vaccin sans altérer les microbes. Ces expériences apporteraient une preuve de plus, s'il en était encore besoin, que les germes adventices n'ont aucun rôle spécifique dans la vaccination.

PATHOLOGIE ANIMALE. — *La transmission de la syphilis au chat.* Note de MM. C. Levaditi et T. Yamanouchi, présentée par M. Roux.

A la suite des expériences de Metchnikoff et Roux concernant la transmission de la syphilis aux singes anthropoïdes et aux catharrhiniens inférieurs, on pensait que cette maladie n'est inoculable qu'à ces espèces simiennes, les seules sensibles. Les recherches de Bertarelli [1] montrèrent cependant que la vérole peut être transmise au *lapin* et aussi au *cobaye* et à la *brebis*; après cet auteur, Hoffmann et Brüning [2] prouvèrent qu'il était également possible de syphiliser le *chien*. En effet, l'introduction du virus spécifique dans la cornée ou dans la chambre antérieure de l'œil, provoque, chez ces espèces animales, l'apparition d'une kératite parenchymateuse pouvant être reproduite en série. Les lésions (infiltration lymphocytaire à disposition périvasculaire) ressemblent à celles du syphilome primaire et renferment de très nombreux *Treponema pallidum*.

Nous avons recherché si le *chat* est sensible au virus syphilitique et nous avons réussi, dans deux expériences, à transmettre la vérole à cette espèce animale. Voici les détails de nos constatations :

Nous nous sommes servis d'un virus ayant fait de très nombreux passages sur le lapin

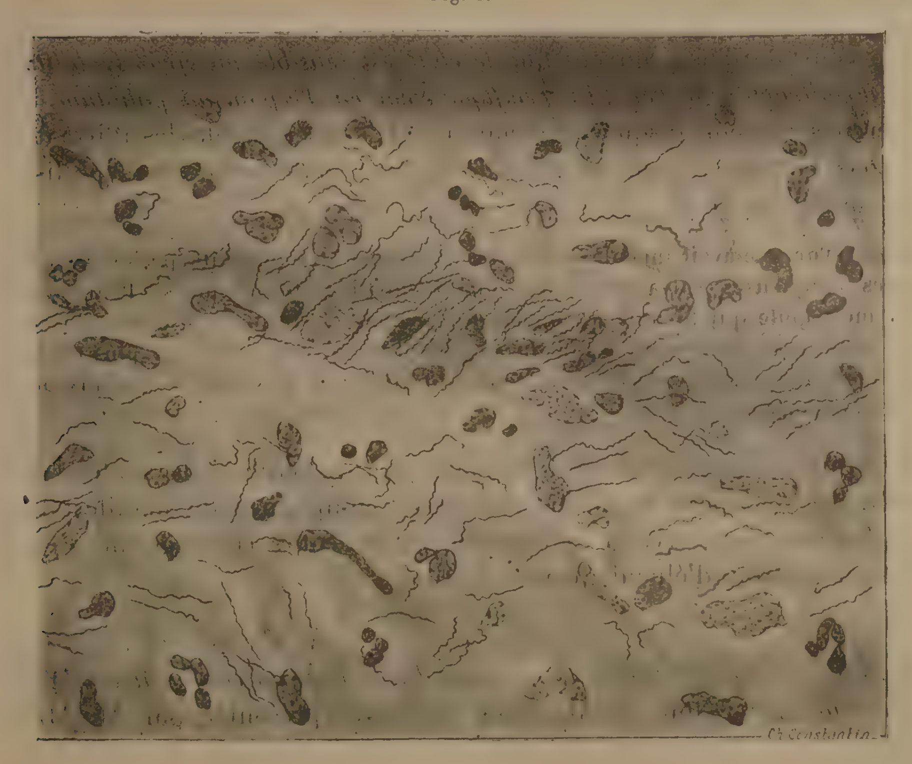
---

(1) Bertarelli, *Rivista d'Igiene*, t. XVII et XVIII, 1906.

(2) Hoffmann et Brüning, *Deutsch. med. Woch.*, n° 14, 1907.

et provenant de M. Bertarelli. Depuis près de 2 ans, ce virus est entretenu par des inoculations répétées dans la chambre antérieure de l'œil. Le 30 mars, nous introduisîmes un petit fragment de cornée de lapin atteinte de kératite spécifique, et riche en tréponèmes, dans la chambre antérieure de trois jeunes chats à la mamelle. La réaction inflammatoire qui suivit l'inoculation, disparut au bout de quelques jours et, dans la suite, on pouvait distinguer le fragment inoculé attaché à l'iris, tout près du limbe. Après une période d'incubation de 40 jours, commencèrent les premiers signes de kératite chez deux de nos animaux [1]. Le fragment adhérait par sa face profonde à l'iris, et sa face antérieure était réunie à la cornée par un tissu néoformé. L'iris était ainsi attiré en avant et la pupille déformée. La cornée était opacifiée sur une étendue de 4^{mm^2} et l'on constatait à ce niveau une vascularisation marquée.

Fig. 1.



Un des animaux fut sacrifié 6 jours après le début de la kératite. L'examen histologique (méthode à l'argent-pyridine) permit de faire les constatations suivantes (voir figure).

---

[1] Le troisième fut sacrifié pendant la période d'incubation (18 jours). Les coupes montrèrent l'absence complète de tréponèmes typiques, mais permirent de révéler des formes anormales, courtes, à deux ou trois ondulations.

Le *fragment de cornée inoculé* est complètement organisé; des vaisseaux de nouvelle formation le sillonnent en tous sens et l'on y remarque une abondante infiltration lymphocytaire. On ne décèle que de très rares tréponèmes à ce niveau. La *cornée du chat* présente des nodules, disséminés de préférence au contact de la membrane de Discemet. Ces nodules, riches en vaisseaux jeunes, sont formés par des lymphocytes et contiennent quelques leucocytes polynucléaires. On décèle un très grand nombre de tréponèmes dans ces foyers inflammatoires. Ils sont pour la plupart extra-cellulaires et offrent des ondulations régulières. Quelques-uns cependant montrent des tours de spires irréguliers et se rapprochent de la ligne droite. *Les parasites ne sont pas localisés exclusivement au niveau des zones riches en lymphocytes. On en retrouve en assez grand nombre dans le reste de la cornée indemne de toute altération microscopique et qui, à l'œil nu, était complètement transparente.*

Chez le second animal, les lésions cornéennes persistent encore actuellement.

Ces constatations prouvent que *le chat est sensible au virus syphilitique et qu'il contracte une kératite spécifique riche en Treponema pallidum.* Nos recherches rendent, jusqu'à un certain point, vraisemblables les affirmations d'Auzias-Turenne (¹) qui, en 1865 déjà, avait soutenu que la syphilis est transmissible au chat.

Auzias-Turenne avait inoculé à l'oreille d'un chat des produits prélevés sur des plaques muqueuses vulvaires. Après une incubation de 27 jours, l'animal présenta une papule qui bientôt se couvrit de squames et fit place à une induration. Deux mois après, il constata des plaques muqueuses entre les griffes et, plus tard, des syphilides tuberculeuses de la peau, une induration des ganglions inguinaux et des gommes cutanées.

Il serait intéressant de voir si, dans nos recherches, la syphilis de la cornée du chat peut se généraliser et s'accompagner de manifestations cutanées ou muqueuses. Des expériences en cours (passages de chat au chat) permettront d'élucider cette question.

GÉOLOGIE. — *Sur les différents niveaux d'alluvions au confluent de l'Yonne et de la Cure.* Note de M. **Paul Lemoine**, présentée par M. Michel Lévy.

Les vallées de l'Yonne et de la Cure, à leur confluent, sont remarquables par le développement des alluvions anciennes. Elles n'ont encore fait l'objet

---

(¹) Auzias-Turenne, *La syphilisation,* Paris, 1878, p. 419, cité d'après Rollet, article *Syphilis des animaux,* dans le *Dictionnaire encyclopédique des Sciences médicales,* t. XIV, p. 497.

d'aucune étude; Belgrand, Raulin, l'abbé Parat ne les signalent qu'accessoirement.

Or il y a là plusieurs niveaux d'alluvions, bien étagés, se différenciant par leurs caractères lithologiques et par leur influence sur l'évolution de la topographie.

Alluvions modernes. — L'Yonne et la Cure coulent dans une vallée relativement plate d'une largeur moyenne d'environ 500^{m}. Ses alluvions sont des sables granitiques, avec de gros blocs de granite et des galets calcaires abondants, plus nombreux dans les parties aval de la vallée.

Alluvions anciennes, vers 15^{m}. — Quelques gisements ont été mis en évidence dans les tranchées du chemin de fer, à Cravant, Accolay, et notées sur la feuille géologique d'Avallon; à Auxerre, une sablière avait fourni à Belgrand *Elephas primigenius*. Je réunis provisoirement plusieurs niveaux d'alluvions impossibles à distinguer encore en l'absence de nivellement précis.

C'est à ces alluvions anciennes et non aux alluvions récentes qu'il faut rattacher un certain nombre de méandres et d'anses abandonnées (méandre de Bazarnes, anse de Sainte-Pallaye, anse de Vermenton, méandre de Saint-Moré). L'individualité des alluvions qui s'y trouvent est très nette; ces alluvions reposent directement sur le calcaire lithographique rauracien à une dizaine de mètres environ au-dessus du niveau actuel de l'Yonne. C'est également aux alluvions anciennes qu'on a rapporté avec raison le méandre abandonné de Chevroches, en amont de Clamecy.

A cette époque doit se placer le creusement de la plupart des petits vallons secondaires qui se jettent dans l'Yonne. Ceux-ci présentent, en effet, le plus souvent à leur embouchure une rupture de pente très nette qui interrompt leur profil, très régulier en amont. Le fait est assez général dans le bassin de l'Yonne; il est très net, par exemple, pour l'Armance (affluent en amont de Clamecy); on l'observe aussi sur les affluents de l'Armançon. Il est d'ailleurs moins accentué sur les affluents importants.

Je pense que cette non-concordance est due au phénomène (mouvement général du sol on abaissement du niveau de base) qui a amené l'Yonne à creuser son lit d'une quinzaine de mètres; les petits ruisseaux, affluents, n'ont pas été capables de suivre le mouvement, leurs vallées sont restées des vallées mortes.

Alluvions anciennes, vers 30^{m}. — Ce niveau est bien représenté au-dessus du méandre de Saint-Moré, dans une sablière où l'on exploite sur 5^{m} à 6^{m}

des sables alluvionnaires, à stratification entrecroisée, formés par des grains de quartz et de nombreux galets plats de calcaire. D'autre part, des sables granitiques ont été signalés, à 30^m au-dessus de la Cure, dans la grotte du Mammouth, à Saint-Moré.

J'ai trouvé également en deux points, à 30^m au-dessus de la vallée du Serein, près de Chablis, des alluvions offrant les mêmes caractères.

Alluvions anciennes, vers 70^m. — Les terrasses plus élevées ont un facies différent; on n'y trouve plus, ou presque plus, de galets calcaires; ce sont des argiles avec grains de quartz roulés, grosses chailles, galets de silex de la Craie, blocs de grès ferrugineux (résidu de l'Albien et du Sparnacien).

On les trouve au Bouchet et à Avillon, à 70^m au-dessus de l'Yonne, à Mailly-la-Ville; ils y sont très abondants et forment une terrasse très nette; par contre, sur les pentes calcaires qui bordent cette terrasse, il n'y en a pas trace. On serait donc en présence d'un méandre abandonné de l'Yonne, à 70^m au-dessus de sa vallée actuelle. Un autre se trouve sur la rive gauche, au-dessus de Bazarnes.

On en observe encore, près de Bois-d'Arcy, à peu près à la même altitude; mais ils ne paraissent pas se relier à ceux d'Avillon. On doit donc les considérer comme déposés dans un méandre ancien de la Cure.

Alluvions anciennes, vers 100^m. — Ce sont des graviers à grains de quartz qui s'observent sur les plateaux dominant Sery et Lucy-sur-Cure. L'abbé Parat en a signalé, à la même altitude relative, un gisement au nord de Bois-d'Arcy.

Il faut également y rattacher les dépôts de cailloux siliceux roulés, signalés depuis longtemps vers Charbuy, au nord d'Auxerre.

Des blocs de granite, isolés à la surface des plateaux de Saint-Michel, près de Tonnerre, se trouvent à peu près à la même hauteur au-dessus de l'Armançon.

Alluvions anciennes, au-dessus de 100^m. — Je n'en connais pas encore dans la région étudiée. Mais, dans la vallée de l'Armançon, on trouve à Bernouil, à 150^m au-dessus de la rivière, des blocs de chailles, des blocs de granulites, des schistes anciens injectés de veines de quartz.

De même, au-dessus de Ouanne, on trouve d'énormes blocs de quartz roulés.

Ces dépôts, très élevés, se relient probablement aux dépôts à chailles qui sont développés plus au Sud; ils feront l'objet d'une étude ultérieure.

Conclusions. — La découverte de documents paléontologiques, dans les

alluvions les plus élevées, absolument décalcifiées, reste très problématique.

Malgré cela, l'existence de ces niveaux successifs d'alluvions et leur étagement pourra apporter une contribution utile à l'histoire de la formation du réseau hydrographique du bassin de la Seine.

HYDROLOGIE. — *Sur deux causes d'erreur dans les expériences à la fluorescéine.* Note (1) de M. F. Dienert, transmise par M. Michel Lévy.

En étudiant les eaux superficielles et les eaux des sources issues du calcaire de Champigny dans les vallées du Surmelin, du Petit et du Grand-Morin et dans la région de Provins, nous avons eu l'occasion de reconnaître la présence dans ces eaux d'une substance fluorescente de couleur bleu verdâtre. Cette substance se trouve facilement, après filtration à la bougie Chamberland, dans toutes les eaux superficielles dont elles sont la caractéristique. Jusqu'ici nous l'avons retrouvée dans les eaux de sources qui reçoivent rapidement, après un orage ou une pluie abondante, des eaux engouffrées dans les bétoires. Cette substance est d'autant plus abondante que les sources reçoivent en plus grande abondance des eaux de ruissellement. Nous nous proposons très prochainement de faire connaître le moyen de reconnaître et de différencier cette substance fluorescente caractérisant les eaux superficielles, son origine et sa disparition, enfin l'influence qu'elle exerce lors des expériences à la fluorescéine quand on étudie la direction des eaux souterraines et la délimitation d'un périmètre d'alimentation. Cette substance fluorescente diminue la sensibilité des expériences à la fluorescéine et il faut se méfier d'elle si, à la source, on ne trouve que des traces de fluorescence. Il peut se faire que ce soit elle et non la fluorescéine dont on constate la présence. D'où cette conclusion qu'il est absolument indispensable, quand on veut éviter une erreur lors des expériences à la fluorescéine, d'employer cette matière colorante en proportion assez élevée pour qu'à la source elle ressorte toujours en quantité nettement plus grande que la matière fluorescente contenue dans certaines sources.

Une autre cause d'erreur provient de la vitesse même des courants souterrains. Les expériences à la fluorescéine ont montré que la vitesse de l'eau

(1) Présentée dans la séance du 18 mai 1908.

dans le sol variait dans de très grandes limites. Dans certaines expériences, elle est de 8^{km} à 10^{km} par jour; dans d'autres, elle ne dépasse pas 1^{km}. Pour éviter de trop grands frais, on a coutume d'arrêter ces expériences quand, au bout de 15 jours, on n'a retrouvé nulle part la fluorescéine ou, pour les grandes distances, quand la vitesse est inférieure à 1^{km} par jour. Si l'on est obligé de tenter une autre expérience sur le même périmètre après une expérience négative et qu'on constate par la suite l'arrivée de la fluorescéine, on sera très embarrassé pour pouvoir attribuer l'origine de la fluorescéine retrouvée. Dans la région de Provins, avec M. Guillert, nous avons trouvé que la fluorescéine a mis 33 jours pour faire le parcours de 8^{km}, et, dans une autre expérience, 20 jours pour faire 600^{m}. Ces faibles vitesses nous auraient induits en erreur si, pressés par le temps, nous avions commencé une autre expérience dans cette région. Nous aurions attribué à notre nouvelle expérience le résultat positif dû en réalité à une expérience plus ancienne.

Déjà MM. Fournier et Le Couppey avaient signalé des réapparitions de fluorescéine plusieurs mois après le commencement d'une expérience positive à la fluorescéine à la suite d'orages et de crues. Nous-même, depuis un mois, sommes dans l'impossibilité de faire une expérience dans la région de la Dhuys, par suite de l'apparition par intermittences de cette matière colorante à la source Saint-Martin.

Rationnellement, sur un même périmètre, on devrait employer à chaque expérience nouvelle un corps fluorescent nouveau.

Nous étudions actuellement dans ce but l'esculine qui, impure, peut être préparée à un prix très abordable.

HYDRO-GÉOLOGIE. — *Sur la température des eaux thermales des Pyrénées-Orientales*. Note de M. **O. Mengel**, présentée par M. Michel Lévy.

Sur les 1200 sources thermales officiellement reconnues en France, une centaine, réparties en une dizaine de groupes, appartiennent aux Pyrénées-Orientales. Situées en terrain non volcanique, la comparaison de leur thermalité à différentes époques m'a paru pouvoir contribuer à décider du principe de l'invariabilité de la chaleur des eaux thermales.

Vers 1827, Anglada, comparant ses relevés à ceux effectués en 1754 par Carrère, professeur en médecine à l'Université de Perpignan, se demandait

s'il n'y avait pas lieu de conclure à un refroidissement des sources thermales des Pyrénées-Orientales. Mais déjà en 1833, après discussion des nombres de Carrère, il paraissait se rallier à l'hypothèse, alors généralement admise, de la constance de la thermalité.

Curieux de vérifier cette constance, si tant est qu'on puisse conclure en ce sens après une période de 80 ans, je repris, au cours de ma campagne géologique, la détermination des températures des principales sources. L'examen du Tableau des nombres donnés par 36 de ces sources, à des intervalles variant de 150 à 50 ans (Tableau qui sera publié avec la discussion qu'il comporte dans l'*Annuaire de la Société météorologique*) montre que les observations d'Anglada seules se prêtent à une comparaison rigoureuse. Aussi n'ai-je basé mes conclusions que sur les résultats fournis par les 20 sources qui m'ont permis de me placer dans les mêmes conditions d'observations que lui. Je me servis d'un thermomètre de Secrétan, calibré, gradué au $\frac{1}{5}$ de degré, dont les données furent toujours contrôlées par une seconde série de lectures faites avec d'autres thermomètres. Les nombres suivants se rapportent aux sources caractéristiques de chacune de nos stations thermales; ils sont corrigés des erreurs instrumentales d'après un graphique de comparaison spécialement établi, en 1908, par les soins du Bureau central météorologique.

Localités.	Sources.	Anglada.		Mengel.	
La Preste.........	Apollon	1819	44°,0	1907	44°,1
Amélie-les-Bains...	Petit-Escaldadou	1819	62,9	1908	63,7
» ...	Arago	1819	60,4	1908	61,0
» ...	de la Piscine	1819	56,25	1908	56,0
Vernet-les-Bains...	Barrèra	1819	53,5	1907	53,1
Thuès............	de la Cascade	1820	78,1	1907	78,5
»	Saint-André	1820	75,0	1907	74,8
Saint-Thomas	n° 1	1833	58,1	1907	58,2
Llo	les Escaldilles	1819	27,5	1907	27,5
Les Escaldes	Colomer	1819	42,5	1907	42,5
Molitg............	Llupia	1818	37,75	1907	37,6

Pour ces onze sources, comme pour les neuf autres, l'écart moyen Anglada-Mengel est de $\pm 0°,2$, c'est-à-dire de l'ordre des erreurs d'observations. Dans ces conditions, il me semble naturel de conclure à l'invariabilité, tout au moins séculaire, de la température des eaux thermales des Pyrénées-Orientales.

Relation entre la température et la structure géologique. — Nos stations thermales peuvent être réparties en deux grands groupes : d'une part, celles qui ont une température supérieure à 50° (j'entends par température d'une station la plus forte qui y ait été relevée), et, d'autre part, celles qui ne donnent que des températures inférieures à 45°. Le premier groupe comprend, de l'Est à l'Ouest : Amélie-les-Bains, Vernet-les-Bains, Canaveilles-Thuès et Saint-Thomas. Or, il est remarquable que ces différentes auréoles, devenues hydrothermales sulfureuses, jalonnent le flanc sud, normal, du grand synclinal Amélie-Taurinya, que j'ai repéré en 1906, et du synclinal Taurinya-Saillagouse qui lui fait suite. Ces synclinaux, d'origine hercynienne, ont rejoué à l'époque tertiaire avec écrasement sur le massif cristallin du Canigou, et c'est précisément dans les failles d'étirement, provoquées par le mouvement relatif des schistes sur le massif cristallin que sourdent les sources en question. Les sources du deuxième groupe, quoique n'appartenant pas comme les premières à un même massif, semblent correspondre au contraire à un chevauchement du cristallin ou du cristallophyllien sur les terrains moins métamorphisés ou plus récents : sur le Paléozoïque, à Molitg, aux Escaldes, à La Preste ; sur le Secondaire, à Reynès. En ce point, on n'a plus qu'une eau thermale (28°,7) *sulfatée,* qui sourd à travers des schistes primaires silicifiés. C'est évidemment là l'indice d'une circulation dans les gypses triasiques de la région qui seraient ici recouverts par un chevauchement du massif du Roc-de-France, conséquences auxquelles j'étais déjà arrivé par d'autres considérations.

La thermalité des sources étant considérée comme fonction directe de la profondeur à laquelle se trouvent les réservoirs qui les alimentent, il semblerait résulter des remarques précédentes que, *d'une façon générale, pour un anticlinal déversé, le déplacement relatif de la série sédimentaire sur le cristallin, sous l'action des poussées tangentielles de l'époque tertiaire, s'est propagé à une profondeur beaucoup plus grande sur le flanc normal que sur le flanc renversé.*

M. P. Amann, à propos des Notes présentées récemment par M. Marcel Deprez, *Sur le planement des oiseaux,* adresse une Note sur le même sujet, contenant des indications bibliographiques et une réclamation de priorité.

(Renvoi à l'examen de M. Marcel Deprez.)

La séance est levée à 4 heures.

G. D.

BULLETIN BIBLIOGRAPHIQUE.

Ouvrages reçus dans la séance du 25 mai 1908.

Une lettre de Henri Poincaré *au journal* Le Temps, *sur le 4e Congrès international des mathématiciens.* (Extr. du *Suppl. Rend. Circ. Matem. Palermo,* t. III, mai 1908.) 1 fasc. in-8°.

La mission d'Étienne Geoffroy Saint-Hilaire en Espagne et en Portugal, 1908; histoire et documents, par le Dr E.-T. Hamy, Membre de l'Institut. (Extr. des *Nouvelles Archives du Muséum,* 4e série, t. X.) Paris, Masson et Cie, 1908; 1 fasc. in-4°. (Hommage de l'auteur.)

La distribution des étoiles par rapport à la Voie lactée d'après la Carte et le Catalogue photographique du Ciel (zones de Paris, Bordeaux, Toulouse, Alger et San-Fernando), par Paul Stroobant. (Extr. des *Annales de l'Observatoire royal de Belgique,* nouvelle série : *Annales astronomiques,* t. XI, fasc. 2.) Bruxelles, Hayez, 1908; 1 fasc. in-4°. (Présenté par M. Darboux.)

Compagnie des Chemins de fer du Midi. *Assemblées générales extraordinaire et ordinaire des Actionnaires du 7 avril* 1908, présidence de M. Georges Picot, Vice-Président du Conseil d'administration. *Rapports du Conseil d'administration; résolutions des assemblées.* Paris, 1908; 1 fasc. in-4°.

Ministère des Colonies. *Annales d'Hygiène et de Médecine coloniales;* t. XI, janvier-février 1908, n° 1. Paris, Imprimerie nationale; 1 fasc. in-8°.

Ministère de la Marine. *Annuaire de la Marine pour* 1908. Paris, Imprimerie nationale; 1 vol. in-8°.

Uebersichtskarte der Gebirge Djar, Urkaschar, Kodjur und Ssemisstai in der chinesischen Dsungarei. Nach den Aufnahmen von M.-A. Ussow, Mitgleid der Expedition 1906, persönlichen Beobachtungen und russischen Karten entworfen von Prof. W.-A. Obrutschew. Gotha, Justus Perthes, 1908; 1 fasc. et une carte pliée in-8°. (Hommage de M. A. Obrutschew.)

El doctor José Manuel Pérez Castellano; Apuntes para sua biografia, por Daniel Garcia Acevedo. Montevideo, 1908; 1 fasc. in-8°. (Hommage de l'auteur.)

Observatoire royal de Belgique. *Annuaire météorologique pour* 1908, publié par les soins de A. Lancaster. Bruxelles, Hayez, 1908; 1 vol. in-12.

The american Society of mechanical Engineers Transactions; t. XXVIII; *New York Meeting,* 1906. New York, 1907; 1 vol. in-8°.

Bulletin of the imperial earthquake investigation Committee; t. II, n° 1. Tokyo, 1908; 1 fasc. in-8°.

ERRATA.

—

(Séance du 18 mai 1908.)

Note de MM. *Paul Lebeau* et *Pierre Jolibois,* Sur les composés définis du silicium et du palladium.

Page 1031, ligne 14, *au lieu de* Le premier de ces composés, *lisez* Le second de ces composés.